

1852. ANNALEN No. 3.  
DER PHYSIK UND CHEMIE.  
BAND LXXXV.

I. Beobachtungen über Zerstreuungsbilder im Auge,  
sowie über die Theorie des Sehens;  
von Dr. Fliedner in Hanau.

1. In diesem Aufsatz werde ich Erscheinungen beschreiben, die auf der Unvollkommenheit des Accommodationsvermögens der Augen beruhen<sup>1)</sup> und die daher nicht von allen Augen gleich gut beobachtet werden. Vielleicht um des letzteren Umstandes willen sind sie bis jetzt ziemlich unbeachtet geblieben und man stößt häufig noch auf unrichtige oder doch unklare Ansichten darüber, weshalb die nachfolgenden Beobachtungen und Erklärungen nicht ohne Nutzen seyn dürften.

Solche Augen, welche zum völlig deutlichen Sehen in die Ferne eines Concavglases von 10 par. Zoll und darüber bedürfen, werden die im Folgenden beschriebenen Erscheinungen bei einiger Aufmerksamkeit leicht beobachten, sehr kurzsichtige oder weitsichtige allerdings manche derselben schwieriger; doch dürfte es wenige Augen geben, die bei entsprechender Wahl der Entfernung und einiger Aufmerksamkeit nicht alle Erscheinungen wahrnehmen könnten.

Meine beiden Augen sind weder kurzsichtig noch weitsichtig, indessen haben sie, wie dies häufig der Fall ist, nicht gleiche Sehweiten. Ich kann die Druckschrift dieser Annalen ohne besondere Anstrengung bei mäßigem Tageslicht mit meinem linken Auge in Entfernungen von  $4\frac{1}{2}$  bis 33, mit meinem rechten Auge innerhalb  $3\frac{1}{2}$  bis 24 par. Zoll

1) Die ersten 16 Nummern dieses Aufsatzes waren bereits niedergeschrieben, als ich die bemerkenswerthen Erscheinungen der No. 18 und besonders der No. 19 wahrnahm, was ich rücksichtlich der Ueberschrift und einiger Punkte der Darstellung hier anführen zu müssen glaubte.

lesen, bedarf also für die gewöhnlichen Gegenstände des Sehens keiner künstlichen Beihilfe.

2. Fast allen Augen erscheinen die Sterne in strahlenförmiger Gestalt. »Die überdeckenden Strahlen und Schwänze«, sagt A. v. Humboldt im 3. Bande seines *Kosmos*, S. 67, »welche unserem Auge als von den Planeten und Fixsternen ausgehend erscheinen und seit den frühesten Zeiten der Menschheit in bildlichen Darstellungen, besonders bei den Aegyptern, die glänzenden Himmelskörper bezeichnen (Has-senfratz erklärt sie für Brennlinien, *intersections de deux caustiques*, auf der Krystalllinse) haben mindestens 5 bis 6 Minuten Länge.« Ferner S. 166: »Ich sehe sehr regelmäfsig acht Strahlen unter Winkeln von  $45^{\circ}$  bei Sternen 1<sup>ter</sup> bis 3<sup>ter</sup> Gröfse . . . . Einige meiner astronomischen Freunde sehen nach oben hin 3 höchstens 4 Strahlen und nach unten keine.«

Ganz dieselben Strahlengestalten gewahrt man auch bei entfernten Lichtern oder überhaupt leuchtenden Gegenständen, die unter einem kleinen Winkel erscheinen. Sie sind für verschiedene Personen und selbst für die beiden Augen eines Individuumus verschieden, für ein und dasselbe Auge aber constant, wenigstens, wenn man davon absieht, daß bei größerer Intensität des Lichts und geringerer Entfernung noch Strahlen auftreten, die unter anderen Verhältnissen nicht mehr erscheinen.

Fig. 1 Taf. III. stellt dar, unter welcher Form ich einen Stern oder überhaupt einen entfernten leuchtenden Punkt mit meinem *linken*, Fig. 2, wie ich ihn mit meinem *rechten* Auge sehe. In beiden Figuren sind nur die hellsten, immer sichtbaren Strahlen gezeichnet. Ein gewöhnliches Licht muß viele 100 Fusse von mir entfernt seyn, wenn ich nur diese und nicht auch noch andere minder intensive Strahlen sehen will. Die stärkste Lichtintensität gewahre ich an den mit *a* bezeichneten Stellen, ein rundes Bild des Lichtpunktes nur in meinem rechten Auge. Man sieht, eine solche Regelmäfsigkeit der Figur, wie sie oben A. v. Humboldt für seine (beiden?) Augen angiebt, stellt sich in den meinigen nicht

dar, und ebenso wenig in denen vieler mir bekannten Personen. Die von Hassenfratz geäußerte Meinung<sup>1)</sup>, daß ziemlich allgemein zwei Strahlen in der Richtung der Augenlider und ein darauf senkrechter gesehen würden, daß einige Beobachter in der Verlängerung des letzteren noch einen vierten unterscheiden u. s. w. dürfte der Wahrheit wenigstens nahe kommen<sup>2)</sup>.

Betrachte ich einen leuchtenden Punkt mit beiden Augen zugleich, so tritt in der Regel sein Bild in meinem rechten weniger gut in die Ferne sehenden Auge ganz zurück, manchmal, jedoch selten, combinirt sich ein Theil der ihm zugehörigen Strahlen mit denen des linken Auges.

Von diesen constanten Strahlengebildnen sind jene ephemeren meist breiten und langgestreckten Lichtstreifen leicht zu unterscheiden, die von der Zerstreuung des Lichts an der zwischen je zwei Wimperhaaren befindlichen Thränenflüssigkeit herrühren und die nicht Gegenstand dieses Aufsatzes sind.

Die hier zu betrachtende Erscheinung kann man solchen Augen, die nicht sehr scharf in die Ferne sehen, schon bequem im Zimmer vorführen, sowohl durch ein enges Loch in einer vor einem Licht oder dem Himmel befindlichen schwarzen Scheibe, als durch einen in der Mitte einer solchen Scheibe befindlichen runden metallenen Knopf, den man bis auf einen Kreis von etwa 1 bis 2 Millm. gleichfalls schwärzt und mit der Scheibe so anbringt, daß er das durch ein Fenster einfallende Tageslicht ins Auge reflectirt.

3. Man überzeugt sich leicht, daß die Ursache dieser Erscheinung nicht in den leuchtenden Körpern, sondern im Auge selbst liegt; denn bei einer Drehung des Kopfs in der verticalen Ebene zur Rechten oder zur Linken, dreht sich die Strahlengestalt um denselben Winkel; auch zeigt

1) *Annales de chimie. Tome 72 (1809) p. 5.*

2) Die etwas gedrehte und verzerrte Figur in meinem rechten Auge hängt entschieden mit einer eigenthümlichen Erscheinung in demselben zusammen. Davon vielleicht später.

das Spiegelbild eines leuchtenden Punktes nicht die gegenbildliche, sondern die ebenbildliche Strahlenform.

Manche scharf in die Ferne sehende Personen erkennen die Strahlenform nur an den hellsten Sternen oder an intensiven Lichtern in sehr weiter Entfernung, es sey denn-dass sie ihr Auge in der Richtung des Sterns oder Lichts auf einen näher gelegenen Gegenstand fixiren oder den Brechungszustand des Auges durch Drehung des Augapfels nach innen verändern. Kurzsichtigen erscheinen alle Sterne als mehr oder minder helle Scheiben und die hellen Punkte müssen ihrem Auge sehr genähert werden, wenn sie die Strahlenform wahrnehmen sollen. Bei Anwendung passender Augengläser verschwindet sie, und ebenso, wenn man durch ein sehr enges Loch z. B. in einem Kartenblatt sieht.

Hiernach liegt die Erklärung nahe, dass die Erscheinung der Strahlengestalt im Wesentlichen von der Unvollkommenheit des Accomodationsvermögens der Augen herühre, dass die Augen nicht vermögen, die von dem fernen leuchtenden Punkten herkommenden Lichtstrahlen in einem Punkte auf der Netzhaut zu vereinigen, sondern dass diese in einem oder mehreren Punkten schon vor der Netzhaut zusammentreffen und von da weitergehend Zerstreuungsbilder auf die Netzhaut werfen. Hieraus würde sich allerdings die Ausbreitung des Lichtpunktes im Auge, noch nicht aber das Strahlenförmige derselben erklären. Hassenfratz sucht in dem oben angeführten Aufsatz die Ursache dieses Strahlenförmigen in den unregelmässigen Formen der Krystalllinse und der Cornea. Er sagt unter Anderm: »*On observe constamment les deux images ellipsoïdales et croisées (Fig. 3 Taf. III.) en faisant passer un rayon de lumière solaire, la lumière d'une bougie un peu éloignée etc. à travers une lentille ellipsoïdale; la même image s'observe encore en faisant passer ces lumières au travers de surfaces irrégulières telles, par exemple que, des fioles à médecine, des caraffes pleines d'eau etc. etc.*« und nachdem er die Resultate seiner Untersuchungen vieler Krystalllinsen gegeben hat, fährt er fort: »*Puisque la courbe formée*

*par les plans des deux segmens antérieurs et postérieurs des cristallins, n'est pas un cercle, il s'ensuit que leurs surfaces n'appartiennent pas à des sphères ; de là, que les rayons de lumière qui passent à travers doivent avoir autant de foyers différens que l'on peut concevoir de rayons osculateurs qui ont engendré leurs surfaces ; qu'ainsi le cristallin seul, par l'irrégularité de ses surfaces peut produire en tout ou en partie les rayonnemens que l'on apperçoit en regardant des lumières très éloignées. La surfaces de la cornée ne paraissant pas être exactement un segment de sphère, doit encore contribuer à faire naître de nouveaux foyers, de là de nouveaux rayonnemens : ainsi tout paraît concourir à rapporter la génération des rayonnemens que laissent apercevoir les lumières éloignées et vues sous un très petit angle, à l'action réunie du cristallin et de la cornée, c'est-à-dire, à la nature de leur surfaces courbes etc.«*

4. Wenn man sich einem strahlenförmig leuchtenden Punkt, (z. B. dem engen Loch in einem vor ein Licht oder den Himmel gehaltenen geschwärzten Kartenblatt oder dem hinter einer Convexlinse erzeugten reellen Bilde eines fernen Lichts u. s. w.) allmälig nähert, so nehmen die Strahlen nach und nach ab, aber nach einer Richtung mehr als nach andern; man gewahrt einen Lichtstreifen von ungleicher Intensität, und auch dieser nimmt endlich ab, so dass man jetzt während einer gewissen Strecke der Nähierung (in der sogenannten deutlichen Schweite) die wahre Gestalt des Lichtpunktes erkennt. Nähert man sich noch mehr, so findet wieder eine Erweiterung des Lichtpunkts zu einem Streifen, aber nach einer auf der vorherigen senkrechten Richtung statt, der dann abermals in eine Strahlengestalt und bei noch grösserer Annäherung in einen von der Form der Pupille abhängigen, fast gleichmässig beleuchteten Kreis übergeht. Da diese letzteren Zerstreuungsbilder dadurch zu entstehen scheinen, dass die von dem allzunahen leuchtenden Punkt kommenden und im Auge gebrochenen Strahlen vor ihrer Vereinigung auf die Netzhaut fallen, so liegt die Vermuthung nahe, dass die dabei auftre-

tende Strahlenform die Umkehrung derjenigen sey, welche von einem fernen Punkte im Auge entsteht. Ich habe für mein linkes Auge diese Vermuthung bestätigt, jedoch die Figur etwas gedreht gefunden; in meinem rechten ist die Aehnlichkeit weniger erkennbar.

5. Im Vorhergehenden war nur von einer Strahlenform *leuchtender Körper* die Rede. Man kann sich indessen auch leicht überzeugen, dass nicht bloß überhaupt jeder helle Punkt auf dunklem, sondern auch jeder *dunkler auf hellem Grunde* ganz dieselbe Erscheinung darbietet. Wer sich einmal an einem leuchtenden Punkte die seinem Auge eigen-tümliche Strahlengestalt gemerkt hat, wird bei geeigneter, für jedes Auge erst zu suchender Entfernung ganz dieselbe Form auch z. B. an jedem auf den Himmel projicirten Fleckchen auf einer Fensterscheibe erkennen. Auf einer mit weissem Papier überzogenen Scheibe, in deren Mitte sich ein, 3 Millm. im Durchmesser haltender schwarzer Kreis befindet, vermag ich die meinem linken Auge entsprechende Strahlenform bei mässiger Beleuchtung noch in einer Entfernung von 16 bis 18 Fuß als graue Flecken deutlich zu erkennen. Diese Erscheinung ist leicht zu erklären: da die Zerstreuungsbilder jedes Punktes der weissen Scheibe auf der Netzhaut theilweise auf einander fallen, von dem schwarzen Kreis aber kein Licht ausgeht, so werden gewisse Stellen auf der Netzhaut weniger beleuchtet und diese verursachen jene graue Strahlengestalt. Ein feines weisses Sandkörnchen auf einer schwarzen, oder ein schwarzes auf einer weissen Fläche giebt mir gleichfalls, nahe vors Auge gehalten, die entsprechende Strahlenform rein und deutlich. Ebenso erscheint mir ein gelber Punkt auf blauer Fläche als grüner Stern u. s. w.

6. Ich werde hernach einige diese Punktbilder betreffenden auffallenden Beobachtungen beschreiben und erklären, vorher aber will ich den Zusammenhang nachweisen, in welchem sie und ihre besonderen Formen mit den schattenartigen Streifen und Bändern stehen, womit die meisten Augen die Gränzen entfernter und sehr naher Ge-

genstände umgeben sehen, wenn sie auf einem anders gefärbten (helleren oder dunkleren) Grunde projicirt sind.

Solche *Zerstreuungsfransen* gewahrt man z. B. um den dicht vors Auge gehaltenen Finger, sowie um den Rand der eigenen Nase, wenn man mit einem Auge darnach blickt; ferner sieht man sie von der Stube aus am Rande der Fensterrahmen, über Dächern und Schornsteinen u. s. w.; insbesondere gehört auch hierher das *Doppelt- oder Mehrfachsehen* von fernen Stangen, Telegraphen-Drähten und Thurmspitzen und selbst ganzer Gebäude mit *einem Auge*, sowie das Grösserer scheinen des beleuchteten Theils des Mondes gegen den dunkeln und die Verbreiterung und Vervielfachung nicht zu ferner Lichtflammen. Die Zerstreuungsfransen sehr naher Gegenstände werden von allen Augen leicht gesehen, nicht aber solcher, welche sich jenseits der deutlichen Sehweite befinden und nicht sehr hell sind; ich habe indessen unter sehr vielen nur einige wenige Personen gefunden, die auch dann noch behaupteten, keine solche Erscheinung wahrzunehmen, nachdem ich sie, was fast bei Allen nothwendig war, vorher besonders darauf aufmerksam gemacht hatte. Die Fransen sind nach ihrer Breite und nach dem Wechsel ihrer hellen und dunkeln Streifen, die sie gewöhnlich zeigen, für verschiedene Augen verschieden und selbst für ein und dasselbe Auge nur bei bleibender Stellung des Kopfs und des Gegenstandes constant. Es ist wichtig zu bemerken, *dass sie, und besonders das Streifige in ihnen, oft erst bei einer langsamn Drehung des Kopfs nach Rechts oder Links in der verticalen Ebene (d. h. in der Weise als ob man den Kopf auf die Schulter legen wollte) aufgefunden oder deutlicher gesehen werden.* (Wir werden später in No. 17 noch ein genaueres Mittel kennen lernen, ihr Vorhandenseyn zu constatiren.)

7. Man muss die *Zerstreuungsfransen* der Ferne von jenen der Nähe wohl unterscheiden. Den Zusammenhang der ersteren mit den Bildern ferner Punkte will ich in besonderer Beziehung auf meine eigenen Augen jetzt nachweisen.

In meinem *linken* Auge und bei aufrecht stehendem Kopf stellt sich das Bild eines fernen Punkts unter der Form  $a b c$  (Fig. 4 Taf. III.) dar. Betrachte ich nun mit demselben Auge und bei derselben Stellung des Kopfs eine ferne lothrecht stehende dünne Stange auf einem hellern Hintergrunde, so sehe ich sie doppelt in der mit  $a_1 b_1 c_1$  bezeichneten Gestalt<sup>1)</sup>), nämlich von den Bildern der einzelnen Punkte der Stange setzen sich die Strahlen  $a$  und  $c$  zum Stangenbild  $a_1$  und  $c_1$ , die Strahlen  $b$  aber zu dem von  $b_1$  zusammen. Drehe ich nun den Kopf um ungefähr  $30^\circ$  links, so sehe ich die Stange wie in  $a_1 b_1 c_1$  (Fig. 5), also gleichfalls doppelt; aber das Bild links ist jetzt dunkler, das Bild rechts etwas weniger dunkel wie vorher, weil jetzt jenes aus den Strahlen  $b$  und  $c$ , dieses bloß aus den Strahlen  $a$  der Punktbilder besteht. Drehe ich den Kopf bis zu  $90^\circ$  links, so sehe ich die Stange dreifach, wie in  $a_1 b_1 c_1$  (Fig. 6.); also auch hier die Lage der Stangenbilder der (darüber gezeichneten) Lage des Bildes  $a b c$  jedes einzelnen Punktes entsprechend. Bei der Drehung des Kopfs nach Rechts bis zu  $90^\circ$  sehe ich die Stange gleichfalls dreifach u. s. w.

Beobachte ich mit meinem *linken* Auge bei aufrechter Stellung des Kopfs die horizontale Gränze zwischen einer schwarzen und einer weissen Fläche (in Fig. 7 sey  $S$  die schwarze,  $W$  die weisse Fläche und  $Aa$  ihre Gränze), so sehe ich in der deutlichen Schweiße diese Gränze scharf und rein<sup>2)</sup>; in gröserer Entfernung aber scheint das Schwarze ins Weisse und umgekehrt überzutreten und ich bemerke nach  $W$  zu eine Franse, die aus zwei dunklen und zwei hellen Streifen besteht, sowie nach  $S$  zu einer allmälig ins Schwarze verlaufende. Das Verhältnis der Breiten dieser Fransen ist durch die punktirten Linien an-

- 1) Die Striche in den Figuren 4, 5 und 6 sollen nur die relativen Intensitäten der Stangenbilder und ihre relativen Entfernungen von einander bezeichnen.
- 2) Die in No. 17 angegebenen Beobachtungsmittel haben mir indessen auch hier oft noch das Vorhandenseyn von Zerstreuungsfransen angedeutet.

gedeutet. Sehe ich mit demselben Auge bei aufrechter Stellung des Kopfs nach einem auf den Himmel projicirten Schornstein, so erscheint mir an dem oberen horizontalen Rand eine Zerstreuungsfranze wie die eben beschriebene, an der abwärts gehenden linken Seite eine schmälere mit nur einem dunklen Streifen, an der rechten ist kaum eine ganz schmale bemerkbar. Dagegen sehe ich mit meinem *rechten* Auge oben und rechts eine sehr breite, links eine schmale Franze, das Streifige tritt aber weniger entschieden hervor, wie in meinem linken Auge. Das starke Verücken der Fransen an den Ecken eines Schornsteins, je nachdem ich mit dem einen oder anderen Auge darnach blicke, sowie die Aehnlichkeit der gezackten Formen der Fransen an diesen Ecken mit den entsprechenden Stellen der Punktbilder, haben mich zu einer genaueren Beobachtung dieser Erscheinung geführt.

8. Die erste Gruppe dieser Erscheinungen bedarf kaum einer weiteren Erklärung, wohl aber die zweite. Ich darf mich dabei auf die Erscheinungen beschränken, welche sich mir darbieten, wenn ich mit meinem linken Auge bei aufrechter Stellung des Kopfs die horizontale Gränze (*Aa*) (Fig. 7) zwischen einer schwarzen (*S*) und einer weissen Fläche (*W*) betrachte.

Von allen Punkten der weissen Fläche *W* entstehen Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut, durch deren theilweises Aufeinanderfallen die von der Gränze *Aa* entfernten Theile der Fläche in derselben Intensität erscheinen, als wenn die Lichtstrahlen der einzelnen Punkte genau in entsprechenden Punkten der Retina sich vereinigten. Die Intensität auf jeder dieser Stellen der Netzhaut wird also bedingt durch das Aufeinanderfallen der bezüglichen Theile *abc* (Fig. 1) der Zerstreuungsbilder, welche von den (dem betrachteten) benachbarten Punkten ins Auge gelangen. Die der Gränze *Aa* nahen Punkte der weissen Fläche (*W*) werfen nun den Theil *a* (Fig. 1) ihrer Zerstreuungsbilder zum Theil auf solche Stellen der Netzhaut, die der schwarzen Fläche *S* entsprechen, und daher scheint das Weisse

ins Schwarze überzugreifen; aber, da keine Lichtstrahlen von der schwarzen Fläche ausgehen, also auch keine (hellen) Zerstreuungsbilder von dort im Auge entstehen, so fehlen an denjenigen Stellen der Netzhaut, welche dem zunächst an *Aa* gelegenen Weisen entsprechen, die Theile *b* und *c* (Fig. 1) und weiterhin bloß der Theil *c* von Zerstreuungsbildern benachbarter Punkte und es muss also die Intensität des Weisen an diesen Stellen geringer seyn, d. h. es muss grau erscheinen. Hiernach sollte man denken, die Erscheinung in meinem linken Auge müsse sich so darstellen:

I) Zunächst unter *Aa* ein allmälig nach *S* zu dunkler werdender grauer Streifen, abhängig von den dort hineinragenden Theilen *a* (Fig. 1) der Zerstreuungsbilder, welche von den Punkten über *Aa* herrühren,

II) zunächst über *Aa* bis *Bb* ein gleichförmig grauer Streifen, weil hier von keinem Punktbild die Theile *b* und *c* (Fig. 1) hinfallen; und

III) über diesem zwischen *Bb* und *Cc* gleichfalls ein gleichmäsig grauer aber hellerer Streifen, weil hier nur die Theile *c* benachbarter Punktbilder fehlen.

Indessen zeigt sich die Erscheinung in sofern etwas anders, als ich sowohl den Streifen II, als den Streifen III unten hell und oben dunkeler sehe, so dass die Erscheinung fast dieselbe ist, als ob an der Stelle der ausgebreiteten schwarzen Fläche ein schmaler schwarzer Streifen sich befände. Dieses Verhalten der Streifen II und III erkläre ich mir als eine Wirkung des *Constrastes*. Denn überall wo Helles und Dunkles an einander gränzen, erscheint uns jenes heller und dieses dunkler, als wenn keine Nebeneinanderstellung stattfindet. (Ich gewahre z. B. auch an den sämmtlichen Rändern dieser Scheibe ein tieferes Schwarz, als in ihrer Mitte.)

Die Zerstreuungsfransen der Nähe zeigen gleichfalls helle und dunkle und oft intensiv gefärbte Streifen, die sich auf die Form der entsprechenden Punktbilder zurückführen lassen. Ihre Fixirung greift die Augen sehr an, weshalb

es räthlich ist, sie gewöhnlich nur indirect bei einem für die Ferne passenden Brechungszustand der Augen zu beobachten.

9. Nach dem Vorgehenden besteht eine *Zerstreuungsfranze der Ferne* aus zwei Theilen, wovon der eine das Helle, der andere das Dunklere über die wirkliche Gränze hinaus erweitert, während jedoch der Gesammteindruck eine Verbreiterung des Hellen ist, besonders wenn das Helle sehr intensiv, wie z. B. eine Lichtflamme, oder der Mond u. s. w. Daher sieht man weisse Objecte auf schwarzem Grunde grösser als schwarze Objecte auf weissem Grunde, und ebenso eine dünne lange Stange viel weiter als ein Quadrat, dessen Seite dem Durchmesser derselben gleich ist.

In Fig. 8 stelle *QS* das Netzhautbild eines entfernten Punktes *P*, oder, was hier einerlei ist, die Zerstreuungsfranze im Auge dar, welche von der Gränze *P* zwischen einer hellen und dunkeln Fläche herrührt. Zieht man von *Q* und *S* aus die Richtungslinien des Sehens durch den Kreuzungspunkt *K*, bis sie die Ebene *NO* in *q* und *s* treffen, so stellt *qs* den scheinbaren Durchmesser des Punktbildes oder die scheinbare Breite der Zerstreuungsfranze dar. Ich habe versucht, die Grösse von *Ps* für mein linkes Auge annähernd zu bestimmen. In diesem Auge ist nämlich der obere Rand einer horizontalen Zerstreuungsfranze ziemlich deutlich begränzt. Ich entfernte mich von einem auf den Himmel projicirten Gebäude so weit, bis ich den oberen Rand der Zerstreuungsfranze des Daches mit dem oberen Rande des auf ihm befindlichen Schornsteins gleich hoch sah. Indem ich nun die uptern Theile der Zerstreuungsfransen des Schornsteins und des Daches gleich breit annahm, erhielt ich die Winkelbreite von *Ps*

- 1) bei einer Schornsteinhöhe von 5 Fuß und einer Entfernung von 2660 Fuß =  $6\frac{1}{2}$  Minuten;
- 2) bei einer Schornsteinhöhe von 1,5 Fuß und einer Entfernung von 730 Fuß = 7 Minuten;
- 3) bei einer Schornsteinhöhe von 1,36 Fuß und einer Entfernung von 610 Fuß =  $7\frac{2}{3}$  Minuten.

Ich glaube die Richtigkeit dieser Werthe bis auf  $\frac{1}{2}$  Minute verbürgen zu können. Dafs die Breite zunimmt, während die Entfernung abnimmt, erklärt sich daraus, dafs bei gröfserer Entfernung die Deutlichkeit des obern Theils der Franse abnimmt.

Auch in der *Zerstreuungsfranze der Nähe* hat man wie in der Ferne zwei Theile zu unterscheiden. In Fig. 9 stelle *BM* eine nahe vors Auge gehaltene Scheibe vor, worauf *A* die Gränze zwischen einer dunklen Fläche *AB* und einer hellen *AM* sey. Ist *EG* die Zerstreuungsfranze auf der Netzhaut, so findet man durch ähnliche Construction wie in Fig. 8 die objective Zerstreuungsfranze *eg*. Die Breite derselben nimmt zu, wenn die Scheibe dem Auge genähert wird. Daher scheinen schmale Objecte z. B. ein dünnes Bleistift, wenn man sie dem Auge nähert, schmäler zu werden, und können, wie z. B. eine Nadel, ganz verschwinden. Mittelst des sogenannten *Scheiner'schen Versuchs* hat *Volkmann*<sup>1)</sup> die absolute Gröfse des Zerstreuungsbildes eines Menschenhaars auf der Netzhaut, bei verschiedenen Entfernungen desselben innerhalb der deutlichen Sehweite, gemessen.

10. Im Folgenden werde ich nun Beobachtungen beschreiben und erklären, welche die vorhergehende Theorie der Zerstreuungsfransen bestätigen und woraus sich einige für optische Beobachtungen brauchbare Resultate ergeben werden. Vorher indefs noch folgende Bemerkung:

Sind *NP* (Fig. 8) und *AB* (Fig. 9) undurchsichtige Schirme (die sich also nach unten nicht über *P* und *A* hinaus erstrecken und), wovon der erstere jenseits, der zweite diesseits der deutlichen Sehweite sich befindet, so können durch die bei *P* und *A* erscheinenden Zerstreuungsfransen dahinter befindliche Gegenstände (deren Färbung ja die Franse constituiren hilft) gesehen werden und zwar nicht blofs durch die nach unten gerichteten Theile *Pq* und *Ae*, sondern auch durch die nach oben gerichteten *Ps* und *Ag*. Hinter diesen letztern können nämlich alle solche

1) Diese Ann. Bd. 45, S. 193.

Gegenstände gesehen werden, welche innerhalb der Winkel *LPU* (Fig. 8) und *VAW* (Fig. 9) und zugleich in dem Sehfeld der Zerstreuungsfranze sich befinden.

11. Wenn ich nach einem *entfernten auf einem dunkleren oder helleren Grunde befindlichen Punkte* blicke und dabei zwischen diesen und mein Auge *diesseits der deutlichen Schweite* einen *Schirm* schiebe (z. B. den Finger oder ein Lineal), so verschwinden die nach dem Schirm zu gerichteten Strahlen des Punktbildes schon hinter der Zerstreuungsfranze des Schirms und zwar diejenigen, welche auf dem Schirmrand senkrecht stehen, vollständig; die schief gerichteten nicht vollständig, dagegen bleiben die vom Schirm abgewandten Strahlen unter der Schirmfranze noch sichtbar, und zwar die auf dem Schirmrand senkrecht stehenden fast vollständig.

Die Stelle des Schirms kann schon durch das obere Augenlid vertreten werden. Betrachtet man z. B. ein fernes Licht und bewegt das obere Augenlid herunter, so verschwindet der obere Theil der Lichtfigur, während man die über derselben befindlichen Gegenstände noch ganz gut sieht.

Die Ursache dieser auffallenden Erscheinung liegt darin, dass das Bild des Schirms im Auge und der Schatten, den er auf das Bild des betrachteten Punktes wirft, nicht genau einander decken, indem nämlich, bei dem Einschieben des Schirms in den von dem betrachteten Punkt herkommenden Lichtkegel, der Schatten Anfangs nur mit der Gränze der Schirmfranze auf der Netzhaut zusammenfällt, dann aber, weil er sich langsamer auf der Netzhaut bewegt, als das Bild des Schirms, von diesem überholt wird. Die Figuren 10 bis 12 werden dies deutlicher machen.

Es sey (Fig. 10) *PCDP* der von einem entfernten Punkte (wir wollen zunächst einen leuchtenden Punkt auf einer schwarzen Scheibe voraussetzen) herkommende Lichtkegel, *V* der vor der Netzhaut liegende Vereinigungspunkt seiner Strahlen und *QRS* die von ihnen gebildete (hier nur der Deutlichkeit der Figur willen hinter die

Netzhaut gezeichneten) Zerstreuungsform. Es sey ferner  $AB$  ein nahe vor dem Auge befindlicher Schirm in einer solchen Lage, dass der Punkt  $A$  seines untern geradlinigen Randes eben in den Strahlenkegel tritt. Die von  $A$  ausgehenden Strahlen werden im Auge nach einem in der Richtungslinie  $AK$  hinter der Netzhaut liegenden Punkte gebrochen, werfen also ein Zerstreuungsbild  $EFG$  auf die Netzhaut, wovon der Punkt  $E$  den Punkt  $S$  der von  $P$  herrührenden Zersstreuungsform decken muss, weil die Strahlen  $PC$  und  $AC$  in eine Richtung fallen. Bei  $s$  liegt also der Schatten von  $A$ ; das Bild von  $AB$  hat dagegen die Lage  $ab^1$ ) (die hier um der Deutlichkeit willen, vor die Netzhaut gezeichnet ist). Während nun  $AB$  tiefer in den Lichtkegel eindringt, wächst der Schatten bei  $s$  (d. h. es wird allmälig der Stelle  $SR$  der Netzhaut das Licht des Punktes  $P$  entzogen) und zugleich rückt die Zerstreuungsfranze bei  $a$  in die Höhe. Nun bewegt sich aber der Punkt  $a$  mit der Zerstreuungsfranze schneller als der Punkt  $s^2$ ), und wenn (Fig. 11)  $A$  in die Augenaxe gelangt, so liegen  $a$  und  $s$  ebenfalls in derselben; die Zerstreuungsfranze über  $a$  ist dann schon über  $s$  hinaus gelangt und hinter ihr ist der Theil  $QR$  des Zerstreuungsbildes von  $P$  noch sichtbar und bleibt es, bis (Fig. 12)  $AB$  dem Auge alles Licht von  $P$  abschneidet.

Es ist nun nicht schwer, die ganz ähnlichen Erscheinungen zu erklären, welche stattfinden, wenn man, statt des leuchtenden Punktes auf einer schwarzen Scheibe, einen kleinen schwarzen Kreis auf einer weißen Scheibe betrachtet. Von jedem Punkt der hinter der Schirmfranze

- 1) Der Theil  $aa_1$  dieses Bildes ist größtentheils noch vollkommen durchsichtig (vergl. 9 und 10).
- 2) Denn bei dem Eindringen von  $AB$  in den Lichtkegel dreht sich  $a$  gleichsam an dem Hebelarm  $aK$  des Hebels  $aKA$  um den Punkt  $K$ , dagegen der Schattenpunkt  $s$  an dem Arm  $sV$  des Hebels  $sVA$  um den Punkt  $V$ . Nimmt man die Geschwindigkeit von  $A=1$  an, so ist die von  $a=\frac{aK}{AK}$  und die von  $s=\frac{sV}{AV}$ , also die erstere größer als die letztere.

sichtbaren weissen Fläche, können nach dem Vorhergehenden wesentlich nur diejenigen Lichtstrahlen ins Auge gelangen, welche den von der Schirmfranse abgewendeten Theil der entsprechenden objectiven Strahlengestalt erzeugen, nicht aber diejenigen, welche den anderen der Schirmfranse zugewendeten Theil ins Auge werfen werden. Daher, und weil die graue Zerstreuungsfigur des schwarzen Punktes nur von Lichtmangel herrührt, kann derjenige Theil derselben, welcher der Schirmfranse zugewendet ist, hinter dieser nicht mehr bemerkbar seyn (denn es fehlen ja jetzt überall hinter der Schirmfranse die ihr zugewandten Theile der hellen Zerstreuungsfiguren); wohl aber muß der andere Theil sichtbar bleiben. Es ist auffallend, wie sehr dieser sichtbar bleibende Theil an Schwärze zunimmt (vergl. No. 15) weshalb man in diesem Versuch ein Mittel hat, die einzelnen Theile der Zerstreuungsform überhaupt entschiedener hervortreten zu sehen.

12. Daraus folgt, daß von den Zerstreuungsbildern solcher Punkte ferner Gegenstände, welche *seitwärts* der (objectiven) Zerstreuungsfranse eines innerhalb der deutlichen Schweite befindlichen Schirms liegen, nur ein geringer Theil auf die Netzhautbilder derjenigen Punkte fallen kann, welche *hinter* dieser Franse liegen, und daß daher die hinter der Schirmfranse erscheinenden Gegenstände, falls sie von verschiedener Färbung und gut beleuchtet sind, deutlicher gesehen werden müssen, als die seitlich davon befindlichen.

Diese Folgerung wird durch die Erfahrung bestätigt. Es erklärt sich daraus, warum gut beleuchtete Gegenstände durch ein nahe vors Auge gehaltenes enges Loch z. B. durch die geballte Hand deutlicher erscheinen, ebenso, warum man beim Fixiren gut beleuchteter Gegenstände die Augenlider zusammenzieht, indem diese letztern hier die Stelle des Schirms vertreten.

13. Die umgekehrten Erscheinungen, wie in No. 11, finden statt, wenn ich zwischen einen *entfernten auf einem dunklern oder hellern Grunde befindlichen Punkt* und mein Auge *jenseits der deutlichen Schweite* einen Schirm schiebe,

nämlich die dem Schirmrand zugewendeten Strahlen bleiben hinter der Zerstreuungsfranze des Schirms sichtbar, die von ihm abgewendeten verschwinden.

Im gegenwärtigen Falle bewegt sich nämlich der Schatten rascher, als das Bild, wie dies die Figuren 13 bis 15 deutlich machen, worin  $V_1$  den Vereinigungspunkt der von  $A$  ausgehenden Strahlen bezeichnet, der hier vor der Netzhaut, aber ihr näher liegen muss, als der Punkt  $V$ , in welchem die von  $P$  kommenden Strahlen zusammentreffen. Die übrige Bezeichnung dieser Figuren stimmt mit derjenigen der Figuren 10 bis 12 überein.

14. Wenn ich einen Schirm zwischen mein Auge und einen *innerhalb der deutlichen Schweite befindlichen Punkt* bringe, so verschwindet der dem Schirmrand abgewendete Theil der objectiven Strahlengestalt des Punktes zuerst hinter der Schirmfranze, jedoch nicht wie im vorigen Fall von der Mitte, sondern vom Rande aus; dagegen bleibt der dem Schirmrand zugewendete Theil hinter der Schirmfranze sichtbar. Die Fig. 16 wird zur Erklärung hinreichen.

Betrachtet man ein weisses Sandkörnchen auf einer schwarzen Fläche oder ein mit einer feinen Nähnadel in ein geschwärztes Kartenblatt gestochenes Loch, so wird die Erscheinung besonders deutlich, wenn man als Schirm ein Stück recht weisses Papier benutzt.

15. Die in den letzten Nummern beschriebenen Beobachtungen zeigen noch einige besondere Erscheinungen, die ich jetzt anführen will.

Eine solche ist die, dass beim tiefern Eindringen des Schirms in den Lichtkegel der sichtbar bleibende Theil der objectiven Zerstreuungsfigur an Intensität zunimmt. Es röhrt dies ohne Zweifel von der *Beugung* der Lichtstrahlen am Schirmrand her, vermöge welcher auf die beleuchtete Stelle der Netzhaut mehr Lichtstrahlen gelangen, als ohne das Einschieben des Schirms. Aus derselben Ursache erklärt sich auch die Erscheinung, dass der letzte Theil der Zerstreuungsfigur eines fernen Punktes stets etwas

etwas dem Schirmrand entgegenrückt (was für meine beiden Augen besonders dann auffallend ist, wenn ich bei aufrecht stehendem Kopf den Schirm von oben nach unten einschiebe). Dies scheint mir daher zu kommen, dass die am Schirmrand gebeugten Lichtstrahlen, wenn sie an den Rand der Pupille gelangen, wieder nach einer anderen Richtung gebeugt werden. Dieses Entgegenrücken tritt entschiedener hervor, wenn der leuchtende Gegenstand eine gewisse Ausdehnung hat (z. B. am Rande des auf einem dunklen Kranze aufsitzenden Milchglasses einer Lampe).

Die Erscheinung in No. 14 ist streng genommen nur dann so, wie sie dort beschrieben worden, wenn der leuchtende Punkt keine merkliche Ausdehnung hat, also nahezu nur ein einziger Lichtkegel ins Auge gelangt, wie z. B. von dem gegen den Himmel oder das Milchglas einer Lampe gehaltenen Löchelchen einer sehr feinen Nadelspitze. Hat er eine merkliche Ausdehnung, wie z. B. das von einer starken Stecknadel gestochene Loch, so bemerke ich beim Einschieben des Schirms von oben nach unten, dass die Verdunklung nicht am untern Rande, sondern etwas weiter oben beginnt, (freilich kaum merklich) und dass der Verdunklung von unten nach oben eine solche von oben nach unten entgegenkommt.

Um dieser vielleicht schon zu weitläufigen Abhandlung nicht noch eine grösere Ausdehnung zu geben, lasse ich die vielfachen Farbenerscheinungen, die bei diesen Beobachtungen auftreten, unbeachtet.

16. Im Vorhergehenden sind die Elemente zur Erklärung aller Erscheinungen enthalten, welche stattfinden, wenn man die Zerstreuungsfransen zweier hinter einander befindlicher Gegenstände einander nähert und zur Deckung bringt. Ich will im Folgenden die bemerkenswerthesten Fälle kurz anführen und durch nahe liegende Beispiele belegen. Als entferntere Franse will ich die an der Gränze zwischen einer schwarzen und einer weissen (einer dunklen und einer hellen) Fläche erscheinende annehmen, als nähere die am Rande eines dunkeln Schirms.

a) Befindet sich die betrachtete schwarzweisse Fläche außerhalb, der Schirm aber innerhalb der deutlichen Sehweite, so verschwindet die graue Franse der schwarzweissen Gränze hinter der Schirmfranze, wenn der Schirm vom Weissen nach dem Schwarzen, sie geht in Schwarz über, wenn der Schirm vom Schwarzen nach dem Weissen geschoben wird.

Betrachtet man die Firste eines auf dem weissbewölkten Himmel projicirten dunkeln Daches und man schiebt nahe vorm Auge einen Schirm von oben nach unten, so wird die graue Zerstreuungsfranse des Daches durch die Schirmfranze niedergedrückt, wird dagegen der Schirm von unten nach oben geschoben, so rückt das Dach bis zur Gränze seiner Zerstreuungsfranse in die Höhe.

b) Wenn nicht bloß die schwarzweisse Fläche, sondern auch der nähere Schirm jenseits der deutlichen Sehweite liegt, so verschwindet die Franse der schwarzweissen Gränze hinter der Schirmfranze, wenn der Schirm von dem Schwarzen nach dem Weisen, sie geht dagegen in Schwarz über wenn der Schirm vom Weisen nach dem Schwarzen geschoben wird, und zwar findet das Verschwinden der Franzen und ihr Schwarzwerden nach derselben Richtung statt, nach welcher sich der Schirm bewegt.

Bringe ich vom Zimmer aus die *obere* Franse einer Fenstersprosse mit der Zerstreuungsfranse an einem gegenüber befindlichen Dach von unten nach oben zur Deckung, so verschwindet diese letztere; lasse ich aber die *untere* Franse von oben nach unten gehen, so sehe ich von da an, wo sie auf die Dachfranze trifft, diese letztere dunkler hervortreten. Die Zerstreuungsfranse des hinter einem Dach aufsteigenden Mondes wird nicht hinter der Zerstreuungsfranse des Daches sichtbar, sondern springt erst später in die Höhe u. s. w.

c) Befinden sich sowohl der Schirm, als die entferntere schwarzweisse Fläche diesseits der deutlichen Sehweite, so verschwindet zwar ebenso wie im vorigen Fall die Franse der schwarzweissen Gränze hinter der Schirmfranze, wenn

der Schirm vom Schwarzen nach dem Weisen, sie geht in Schwarz über, wenn der Schirm vom Weisen nach dem Schwarzen geschoben wird, aber hier findet das Verschwinden und Schwärzerwerden der Franse nach derjenigen Richtung statt, welche der Schirmbewegung entgegengesetzt ist.

Betrachte ich die Spitze eines nahe vors Auge gehaltenen Fingers, und bewege den oberen Augendeckel, der dann die Stelle des Schirms vertritt, herunter, so sehe ich den Finger in die Höhe steigen und die Zerstreuungsfranse ausfüllen, wenn die Fingerspitze nach oben gerichtet ist; dagegen sehe ich die Zerstreuungsfranse von unten nach oben verschwinden, wenn die Fingerspitze nach unten gehalten wird.

Bringe ich zwei Finger, ihre Spalten nach oben gerichtet, den einen aber näher und etwas tiefer liegend vors Auge und schiebe dann den nähern Finger in die Höhe, so sehe ich hinter der Franse an seiner Spitze die Franse des entfernten Fingers von oben nach unten abnehmen. Lasse ich den entfernten Finger in der vorigen, gebe aber dem nähern die umgekehrte Lage und schiebe dann den letztern von oben nach unten, so bleibt der obere Theil der Franse des entfernten Fingers sichtbar, der untere Theil aber verschwindet von der Fingerspitze aus, indem nämlich von dieser ausgehend ein dunkler Kegel in die Höhe tritt, der die Franse ausfüllt. Wenn man die Finger recht nahe vors Auge bringt, so ist diese Erscheinung sehr auffallend. Bringt man beide Finger in gleicher Entfernung vors Auge und schiebt ihre Spalten gegen einander, so tritt aus beiden ein dunkler Kegel.

17. Die Erscheinungen der No. 16, *a* und *c* können in Verbindung mit der zu Ende der No. 6 hervorgehobenen Wahrnehmung dazu dienen, sich von dem Vorhandenseyn einer außerdem vielleicht nicht bemerkbaren Zerstreuungsfranze ferner und naher Gegenstände zu überzeugen. Bei aufmerksamer Anwendung dieser Beobachtungsmittel dürfte sich die Anzahl derer verringern, welche in

allen Entfernungen gleich gut zu sehen, also ein vollkommenes Accomodationsvermögen zu haben glauben.

Betrachtet man eine halbschwarze, halbweisse Scheibe und schiebt den Schirm (z. B. ein Lineal mit scharfer Kante) in einer Entfernung von ungefähr 1 bis 2 Zoll vom Auge abwechselnd von dem Weissen nach dem Schwarzen und umgekehrt, während man nöthigenfalls den Kopf nach Rechts oder Links dreht, so kann man nach dem Vorhergehenden

- I) auf das Vorhandenseyn einer *Zerstreuungsfranze in der Ferne* schliessen, wenn man beim Einschieben des Schirms vom Weissen nach dem Schwarzen zu ein Verschwinden der grauen Zerstreuungsfranze jener Scheibe, dagegen beim entgegengesetzten Einschieben ein Fortschieben des schwarzen Theils der Scheibe gewahrt. Man muß
- II) auf eine *Zerstreuungsfranze der Nähe* schliessen, wenn, beim Einschieben des Schirms vom Weissen nach dem Schwarzen zu, der schwarze Theil der Scheibe sich nach dem Schirme zu bewegt, dagegen beim entgegengesetzten Einschieben die graue Zerstreuungsfranze der Scheibe nach dem Schirm zu abnimmt und verschwindet.

Befindet sich auf einer weissen Scheibe bloß ein schwarzer Strich, so zeigen sich natürlich beide Kennzeichen einer Zerstreuungsfranze schon bei einmaligem Einschieben des Schirms. Aehnlich bei einem weissen Strich auf schwarzem Grunde.

Wegen der in No. 15 erwähnten von der Lichtbeugung abhängigen Erscheinung vermeide man, den Schirm allzuweit nach der Gränze zwischen dem Schwarzen und Weissen zu schieben; indessen wird man bei einiger Aufmerksamkeit die betreffenden Erscheinungen bald von einander unterscheiden lernen.

18. Hieraus ergibt sich ein Verfahren, vermittelst dessen das für ein kurzsichtiges oder weitsichtiges Auge passende Glas ausgewählt werden kann. Man bringe das

Auge in diejenige Entfernung von jener Scheibe, in welcher man mittelst des Glases deutlich sehen will, und betrachte die schwarzweifse Gränze durch das Glas. Ist das Auge *kurzsichtig*, das Glas also ein *concaves* und man gewahrt, beim Einchieben jenes Schirms nahe jenseits des Glases, die unter I der vor. Nr. beschriebenen Erscheinungen, so ist das Glas zu schwach, d. h. die Lichtstrahlen vereinigen sich trotz der Beihülfe des Glases doch noch vor der Netzhaut. Finden dagegen die Erscheinungen von II statt, so ist das Glas zu scharf, d. h. die Lichtstrahlen werden durch das Glas zu viel divergirend gemacht und würden sich daher nach ihrer Brechung im Auge erst hinter der Netzhaut vereinigen. Zur Bestimmung des passenden Convexglases für ein weitsichtiges Auge gelten die umgekehrten Regeln.

Statt einer Zerstreuungsfranze kann man sich auch der Zerstreuungsfigur eines leuchtenden Punktes bedienen. Bei Versuchen mit dieser letztern konnte ich indessen bei einem bestimmten Convexglase und in einer bestimmten Entfernung kein reines Resultat für mein linkes Auge erhalten. Der Lichtpunkt zeigte, durch das Glas gesehen, Verbreiterungen in verschiedenen Richtungen, die zum Theil die Erscheinungen der No. 11, zum Theil die der No. 14 deutlich erkennen, also auf Convergenzpunkte zum Theil vor, zum Theil hinter der Netzhaut schliesen lassen. Wegen dieses Verhaltens vermuthe ich eine ähnliche Beschaffenheit dieses Auges, wie diejenige des einen Auges Airy's, das nach Herschel's Angabe<sup>1)</sup> in der verticalen Ebene eine kürzere Brennweite hat, als in der horizontalen, wodurch es sogar unbrauchbar wurde. Berücksichtige ich aber zugleich die von meinen *beiden* und von vielen anderen Augen beobachtete schon in No. 4 beschriebene Erscheinung, dass nämlich ein Lichtpunkt sowohl kurz vor, als kurz hinter der sogenannten deutlichen Sehweite entschieden eine Längenerstreckung zeigt, wovon die eine auf

1) Vom Licht. Aus dem Englischen übersetzt von Schmidt 1831.  
S. 153.

der anderen senkrecht steht und aus welcher dann erst beim Näher- oder Entfernen rückten noch andere Strahlen treten, so schien es mir, als ob jene Eigenschaft des Airy'schen Auges in gewissem Grade jedem Auge zukomme.

Um dies näher zu untersuchen, zog ich auf weißem Papier mehrere gegen einander geneigte schwarze Striche, prüfte in verschiedenen Entfernungen die Zerstreuungsfransen derselben und fand meine Vermuthung vollkommen bestätigt, wie sich dies aus dem folgenden *bemerkenswerthen Versuch* ergeben wird.

19. Auf einer kreisförmigen Scheibe von sehr weißem Kartenpapier ziehe man mit schwarzer Tusche 8 oder 16 gleiche Winkel einschließende Durchmesser von höchstens 0,1 Linie Breite (Fig. 17). Bringt man diese Scheibe in senkrechter Stellung zuerst so dicht vor ein Auge (*während das andere verschlossen ist*), dass alle Durchmesser undeutlich oder doppelt erscheinen, und entfernt sie dann langsam, so sieht man

a) in einer *ersten* bemerkenswerthen Entfernung einen der Durchmesser, den ich den *ersten* nennen will, schwächer und mit schärferer Begrenzung, den auf ihm senkrecht stehenden aber heller und breiter, als vorher und nachher hervortreten, während die übrigen Durchmesser eine von jenem nach diesem zu abnehmende Schwärze und Begrenzungsschärfe zeigen. Entfernt man nun die Scheibe allmälig weiter, so gewahrt man, dass jener *erste* Durchmesser wieder etwas heller wird, dagegen die ihm rechts und links zunächst liegenden an Schwärze und scharfer Begrenzung zunehmen, und dass zugleich auch der auf dem *ersten* senkrechte, sowie die ihm rechts und links zunächst liegenden Durchmesser etwas dunkler werden. Die dem *ersten* rechts und links zunächst liegenden nehmen dann wieder etwas an Schwärze *ab*, die darauf folgenden aber, sowie immer noch die auf jener senkrechten an Schwärze *zu*, und diese Drehung schreitet nun mit der Entfernung der Scheibe fort, bis

b) die in einer *sweiten* bemerkenswerthen Entfernung,

wenn die Reihe, am Schwärzesten zu werden, an die mit dem *ersten* einen Winkel von  $45^\circ$  bildenden *mittleren* Durchmesser, gekommen ist, alle Durchmesser gleiche Intensität zeigen; oft indessen treten dabei die *mittleren* Durchmesser etwas stärker hervor. Entfernt man die Scheibe noch weiter, so schreitet von den mittlern Durchmessern aus nach *einer* Seite das Schwärzerwerden, nach der *anderen* das Hellerwerden der Durchmesser fort, bis endlich

*c)* in einer *dritten* beunerkenwerthen Entfernung der auf dem *ersten* senkrecht stehende Durchmesser die grösste, der *erste* selbst aber die geringste Schwärze und Begränzungsschärfe zeigt.

Von da an nehmen bei noch weiterer Entfernung der Scheibe alle Durchmesser mehr und mehr an Deutlichkeit ab.

Ich habe diese Erscheinungen vielen Augen, worunter sehr kurzsichtige und sehr weitsichtige, vorgeführt und habe keins gefunden, dem sie entgangen wären; nur sind die Entfernungen, in welchen sie eintreten, sowie die Lage des *ersten* Durchmessers in verschiedenen Augen verschieden. Für die meisten hat er eine verticale Lage, für manche eine horizontale oder, wie z. B. für die meinigen, eine schiefe.

Prüft man nach No. 17 mittelst eines Schirms die verschiedenen Durchmesser in verschiedenen Entfernungen der Scheibe, so findet man, dass jedesmal der am Schwärzesten hervortretende keine merkliche Zerstreuungsfranze hat, dass dagegen

in der unter *a* bemerkten Entfernung alle übrigen Durchmesser Zerstreuungsfransen der Nähe,

in der Entfernung *b* diejenigen Durchmesser, welche schon ihre grösste Schwärze gehabt haben, Zerstreuungsfransen der Ferne, die andere aber solche der Nähe zeigen und dass endlich

nach der unter *c* angegebenen Entfernung alle Durchmesser Zerstreuungsfransen der Ferne haben.

Es bedarf nach den früheren Untersuchungen kaum der Bemerkung, daß man die Erscheinungen auf einer schwarzen Scheibe mit weißen Durchmessern mit denselben Wörtern geben kann, wenn man nur das Wort »Schwarz« in »Weiß« verwandelt.

20. Schon bei den Erscheinungen der No. 4 und 18 hatte es mir geschienen, daß die seitherige Theorie des Sehens zu ihrer Erklärung ungenügend sey; bei dem vorigen Versuch mußte mir dies zur Gewissheit werden.

Auch die Sturm'sche Theorie<sup>1)</sup>), deren Kenntniß mir übrigens nützlich gewesen ist, kann diese Erscheinungen nicht erklären, wohl aber vermögen dies die folgenden Sätze, die mir allen bis jetzt bekannten Thatsachen zu entsprechen scheinen:

I. Der von einem Punkt ins Auge fallende Lichtkegel wäre es auch nur ein sehr dünner, durch die Mitte der Pupille gehender, wird *niemals* nach einem *einzigem* Punkte zu gebrochen.

II. *Jedem Pupillen-Durchmesser entspricht eine besondere Brennweite im Auge.* Die bezüglichen Brennpunkte liegen hinter einander und bilden also eine *Brennstrecke*, (die jedoch keine gerade Linie, sondern von doppelter Krümmung zu seyn scheint).

III. Die Lage dieser Brennstrecke ändert sich, analog dem Vereinigungspunkt der Lichtstrahlen bei Linsengläsern, mit der Entfernung des leuchtenden Punktes; sie kann ganz hinter oder vor die Netzhaut fallen, oder mit einem ihrer Endpunkte auf sie treffen oder auch von ihr durchschnitten werden.

IV. Fällt der Convergenzpunkt der durch einen Pupillendurchmesser gehenden Strahlen *nicht* auf die Netzhaut, so entsteht auf dieser eine *Zerstreuungslinie* (der Ferne oder der Nähe), welche jenem Durchmesser im Allgemeinen parallel ist. Jeder Strahl der scheinbaren Figur eines fer-

1) *Compt. rend. Tome XX.* p. 554, 761 et 1238. *Pogg. Ann. Bd. 65,* S. 116 und 374. Ich bemerke hier, daß mir diese Theorie erst bekannt wurde, als ich mir die Scheibenerscheinungen zu erklären suchte.

nen oder nahen Punktes ist eine solche Zerstreuungslinie oder ein Complex solcher.

V. Es giebt für jedes Auge drei bemerkenswerthe Entfernungen von einem leuchtenden Punkte:

- a) in der *ersten* (kürzesten) Entfernung fällt der vorderste Punkt der Brennstrecke auf die Netzhaut, alle übrigen aber verursachen (verschieden geneigte) Zerstreuungslinien der Nähe;
- b) in der *zweiten* (mittleren) Entfernung wird die Mitte der Brennstrecke durch die Netzhaut geschnitten, die hinter der Netzhaut liegenden Punkte der Brennstrecke verursachen also Zerstreuungslinien der Nähe, die vor der Netzhaut liegenden, solche der Ferne;
- c) in der *dritten* (weitesten) Entfernung fällt der hinterste Punkt der Brennstrecke auf die Netzhaut, die übrigen erzeugen also Zerstreuungslinien der Ferne.

VI. Der Pupillen-Durchmesser, welchem der vorderste Punkt der Brennstrecke entspricht und den ich den *ersten* nennen will, steht senkrecht auf demjenigen, welchem der hinterste Punkt entspricht. Ebenso verhalten sich je zwei andere Durchmesser, welchen zwei solche Convergenzpunkte entsprechen, die gleich weit von den Enden der Brennstrecke liegen. Der Mitte der Brennstrecke entsprechen die beiden *mittleren* Durchmesser, welche gegen den *ersten* um  $45^{\circ}$  geneigt sind.

VII. Die Lage des *ersten* Durchmessers ist für verschiedene Augen und selbst für die beiden Augen eines und desselben Menschen verschieden<sup>1)</sup>.

21. Ich will nach dieser Theorie zunächst die Erscheinungen der No. 4 erklären.

Einen sehr nahen leuchtenden Punkt sieht man als eine große runde Lichtscheibe, weil die Brennstrecke so weit

1) In meinem linken Auge liegt er ungefähr  $40^{\circ}$  vom verticalen Durchmesser nach der Nasenwurzel zu geneigt, in meinem rechten hat er fast genau die gegenüberliche Lage von jenem. In den meisten Augen scheint er vertical zu seyn. Man kann dies mittelst der Durchmesserscheibe finden, wie alsbald gezeigt werden wird.

hinter der Netzhaut liegt, daß alle Zerstreuungslinien nahezu gleich lang sind. Entfernt sich der Punkt allmälig, so kommt die Brennstrecke der Netzhaut näher, die Zerstreuungslinien werden sämmtlich kleiner, diejenigen aber am Kleinsten, welche den der Netzhaut am nächsten liegenden Convergenzpunkten entsprechen, daher muß (nach VI.) die Zerstreuungsfigur eine in die Länge gestreckte werden. Entfernt sich der leuchtende Punkt so weit, daß die Mitte der Brennstrecke von der Netzhaut durchschnitten wird, so fallen die jetzt sehr kurzen Zerstreuungslinien der Nähe und der Ferne über einander und daher wird der Punkt als eine kleine wohl beleuchtete Scheibe gesehen, die um so schärfer begränzt seyn wird, je näher die Endpunkte der Brennstrecke an einander liegen. Bei noch weiterer Entfernung tritt die Brennstrecke vor die Netzhaut und es muß daher zunächst wieder eine in die Länge gestreckte Zerstreuungsfigur hervortreten, deren Richtung auf der vorhin erwähnten senkrecht steht und aus welcher dann weiterhin auch nach anderen Seiten Strahlen schießen.

(Das stärkere oder geringere Hervortreten der Strahlenform eines Punktes und der Zerstreuungfransen scheint nicht bloß von der Verrückungsfähigkeit der Brennstrecke sondern auch von ihrer Länge abzuhängen. Bei solchen Fernsichtigen, welche diese Erscheinungen an fernen Gegenständen stets wahrnehmen, liegen die Endpunkte der Brennstrecke weit aus einander, im andern Falle näher, wie ich mehrfach gefunden habe.)

## 22. Die Erscheinungen auf jener Scheibe erklären sich nunmehr so.

Befindet sich die Scheibe dem Auge sehr nahe, so liegt die Brennstrecke jedes Punktes derselben *hinter* der Netzhaut, man sieht daher alle Durchmesser mit Zerstreuungsfransen *der Nähe*. Entfernt man sie dann

a) so weit, daß das *vordere Ende* der Brennstrecke die Netzhaut erreicht, so bilden alle Punkte der Scheibe in die Länge gestreckte Zerstreuungsfiguren, also sämmt-

lich von paralleler Richtung, die aber, weil sie an den übrigen Stellen wegen ihres Uebereinanderfallens ein gleichmäfsiges Weis bilden, nur an den schwarzen Durchmessern bemerkbar sind. Jeder derselben muss nun mit hellen Rändern umgeben seyn, (vergl. No. 5 bis 7) derjenige ausgenommen, welcher dieselbe Richtung hat, wie die Zerstreuungsfiguren. Dieser letztere muss am Schwärzesten hervortreten (und ist also derjenige, den ich oben den *ersten Scheiben-Durchmesser* genannt habe) während der auf ihm senkrechte die breiteste Franse zeigen muss. Entfernt man die Scheibe weiter, so rückt die Brennstrecke vor, folglich müssen die Zerstreuungsfiguren aller Punkte an Länge abnehmen, also die Ränder aller Durchmesser schmäler werden. Kommt nun die Scheibe

b) in eine solche Entfernung, dass die *Mitte* der Brennstrecke von der Netzhaut durchschnitten wird, so müssen die Durchmesser gleichmäfsig schwarz erscheinen, wenn in dem betreffenden Auge die Brennstrecke jedes Punkts sehr kurz ist, im anderen Falle können die beiden *mittleren Durchmesser* wohl etwas stärker hervortreten, weil dann in jedem Punkt der Scheibe sowohl eine (gestreckte) Zerstreuungsfigur der Nähe, als auch eine solche der Ferne vorhanden ist, welche beiden auf einander senkrecht stehen und deren Neigung gegen die Richtung der verschiedenen Scheiben-Durchmesser jenes Resultat hervorbringen kann.

c) Wird die Scheibe so weit entfernt, dass der *hinterste Endpunkt* der Brennstrecke auf die Netzhaut gelangt, so ergiebt sich aus ähnlichen Erwägungen, wie die vorhergehenden, dass jetzt der auf dem *ersten* senkrechte Durchmesser am schwärzesten hervortreten, und dagegen der *erste* selbst die breiteste Zerstreuungsfranse der Ferne zeigen muss.

Bei noch weiterer Entfernung der Scheibe tritt die ganze Brennstrecke vor die Netzhaut und alle Durchmesser müssen allmälig an Deutlichkeit verlieren.

23. Man sieht, diese Folgerungen aus den Sätzen der

No. 20 stimmen mit den Erscheinungen der Scheibe vollständig überein. Diese Sätze scheinen mir daher die Beachtung und Prüfung der Physiker und Physiologen zu verdienen. Indem ich sie hier mittheile, bitte ich, vorkommenden Falls nicht zu rasch die Richtigkeit meiner Beobachtungen und deren allgemeinere Wahrnehmbarkeit zu bezweifeln. An manche der hier beschriebenen Erscheinungen muß sich das Auge erst einige Zeit gewöhnen, um sie richtig beurtheilen zu können, und ich mache insbesondere darauf aufmerksam, daß man vor Allem suchen muß, das Bild eines fernen leuchtenden Punkts im Auge genau kennen zu lernen.

Man pflegt die Zerstreuung des Lichts auf der Netzhaut nur als die Ursache des *undeutlichen Sehens* in Betracht zu ziehen. Dafs sie aber in allen Augen das Bild eines in beliebiger Entfernung befindlichen Punktes constituiren hilft, schließe ich schon aus der allgemeinen Wahrnehmbarkeit der sogenannten *Irradiationserscheinungen*, die nicht bloß nach meinem eigenen, sondern auch nach den anerkannt genauen Beobachtungen Plateau's<sup>1)</sup> "von der kürzesten Entfernung des deutlichen Sehens bis zu einer jeglichen" sich zeigen, und die sich nach meinen im Vorhergehenden beschriebenen Untersuchungen als bloße *Lichtzerstreuungerscheinungen* darstellen. Plateau freilich wurde dadurch, dafs die Irradiation auch bei der Entfernung des deutlichen Sehens stattfindet, zu der Annahme einer anderen Ursache veranlaßt; aber er ist dadurch auf unlösbare Widersprüche rücksichtlich des Verhaltens der Linsengläser gestoßen, während sich alle Erscheinungen der Irradiation, auch die mittelst Linsengläsern beobachteten, einfach erklären, wenn man die *Lichtzerstreuung* als Ursache annimmt<sup>2)</sup>. Es könnte anmaßend von mir er-

1) Pogg. Ann. Ergänzungsbd. vom Jahr 1842.

2) Es ist auffallend, dafs man so oft die Zerstreuungsfranze des Mondes als eine Irradiationserscheinung angeführt hat, ohne die Verbreiterung einer Lichtflamme oder die Strahlengestalt eines Sterns damit in Vergleichung zu bringen.

scheinen, der Ansicht eines so ausgezeichneten Physikers, wie Hr. Plateau, der gerade über die Gesetze der Irradiation eine treffliche Arbeit geliefert hat, mit so kurzen Worten entgegenzutreten, wenn ich nicht ausdrücklich daran erinnerte, dass er von vornherein gerade das als feststehende Thatsache angenommen hat, was ich im Sinne der obigen Theorie hier bestreite, nämlich, dass das von einem in der deutlichen Schweite befindlichen Punkt ausgehende Licht nach einem *einzig* Punkte der Netzhaut gebrochen werde.

Die obigen Sätze über den Vorgang beim Sehen werden auch durch die anatomische Beschaffenheit des Auges wesentlich unterstützt. Ich verweise in dieser Beziehung auf die schon oben citirten Aufsätze von Hassenfratz und Sturm, wo man auch noch andere dafür sprechende Thatsachen angeführt findet.

Denjenigen gegenüber, welche in der Nähe und in der Ferne gleich gut zu sehen glauben, erlaube ich mir übrigens die Bemerkung, dass ein *vollkommenes* Organ nicht immer am Besten geeignet ist, die *Functionen* desselben zu erklären.

24. Ich will hier alle theoretischen Betrachtungen und Folgerungen die sich an den Scheibenversuch und die daraus abgeleiteten Gesetze knüpfen, vorerst bei Seite setzen, und nur noch auf die practische Wichtigkeit der Scheibe aufmerksam machen.

Indem sie nämlich zeigt, dass das Auge in einem Theil seiner Querschnitte kurzsichtiger, im andern weitsichtiger ist, als in den beiden mittlern giebt sie zugleich unmittelbar die Lage dieser Querschnitte an; denn der *erste* Scheibendurchmesser (No. 19, a) muss offenbar senkrecht stehen auf demjenigen Pupillendurchmesser, durch welchen das Auge am Kurzsichtigsten, er muss demjenigen parallel seyn, durch welchen das Auge am Weitsichtigsten ist. Der auf dem *ersten* senkrecht stehende Scheibendurchmesser bestimmt die fraglichen Pupillendurchmesser in umgekehrter Weise. Wo diese Ungleichheit des Sehens, wie bei Airy, störend wird, also einer Verbesserung durch

besonders geschliffene Gläser bedarf, da kann ein Blick auf die Scheibe zur Bestimmung der nöthigen Elemente dienen. Die Herstellung eines möglichst zweckmäfsigen Apparats sowohl hierzu, als auch zur Bestimmung der deutlichen Schweiße, macht noch einige Versuche nöthig, nach deren Bendigung ich ein sehr einfaches *Optometer* vor-schlagen zu können hoffe.

---

## **II. Das Interferenz - Schachbrett-muster und die Farbe der Polarisationsbüschel;** *von W. Haidinger.*

(Aus d. October-Hefte 1851 d. Sitzungsberichte d. math.-naturw. Classe d. K. Acad. d. Wiss. von Hrn. Verf. mitgetheilt.)

---

**D**IE Beobachtung, über welche ich heute die Ehre habe, der hochverehrten mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe einen Bericht zu erstatten, ist eine von denjenigen, welche einfach in sich selbst, leicht anzustellen und gestützt auf die vielen vorangegangenen Arbeiten, auch leicht zu erklären, dennoch Veranlassung geben, mannigfaltige Forschungen und Folgerungen daran zu knüpfen. Es ist eine optische Anstrengung der Gesichtswerzeuge, und Kenntniß eines vielfältig von den ersten Forschern bearbeiteten wissenschaftlichen Gebietes wären erforderlich, um der Aufgabe vollständig zu genügen. Ich fühle, nicht ohne Bedauern, daß ich in beiden weit hinter dem Ideal zurückbleiben muß, welches ich zu erreichen wünschen könnte. Dennoch will ich nicht länger säumen, wenn auch nur die Wahrnehmungen mitzutheilen, um vielleicht jüngern und besser vorbereiteten Forschern Veranlassung zu weiteren Arbeiten zu geben. Schon die große Anstrengung der Augen hielt mich zurück, den Gegenstand früher vorzunehmen; ich sah mich abgeschreckt, unter andern kurz

nachdem ich die Beobachtung machte, durch Hrn. Abbé Moigno's Bericht<sup>1)</sup> über das Unglück, dem die ausgezeichneten Physiker, die HH. Plateau und Fechner erlagen, zu erblinden, als »Opfer der selbstmörderischen Versuche, die sie mit übermäsigem Eifer verfolgten, in dem so höchst lobenswerthen, wenn auch verwegenen Vorhaben, die Natur der subjectiven oder zufälligen Farben zu erklären.« Nur Fechner war so glücklich, nach mehrjährigem Leiden, sein Gesicht wieder zu erhalten. Es möge dies als eine Entschuldigung gütigst aufgenommen werden, wenn ich hier nur unvollkommen Bearbeitetes übergebe, selbst unvollkommener, als es, wenn auch mit unzureichenden Kräften, mir sonst wohl auszuführen gelungen wäre.

Die Veranlassung zur Beobachtung der in Rede stehenden Erscheinung gab ursprünglich ein Vorschlag meines verehrten Freundes, des Hrn. Professors Schrötter. Wir hatten über die Natur der Polarisationsbüschel gesprochen. Er meinte, man würde vielleicht Eindrücke auf die Netzhaut hervorbringen können, ähnlich in einer oder der anderen Beziehung den Polarisationsbüscheln, wenn man nach einander Flächen betrachtete, die mit abwechselnden weissen und schwarzen Parallel-Linien ganz überdeckt wären. Es war dies am 27. November 1845. Gern verweile ich einen Augenblick auf diesem Tage; es war der erste, an welchem ich mit Schrötter und v. Ettingshausen in der Wohnung des Letztern, die näheren Verhältnisse und Interessen einer in Wien zu gründenden *Gesellschaft für Naturwissenschaften* besprach. Bald darauf folgten die Versammlungen von einer gröfsern Anzahl der Männer der Wissenschaft in dem damaligen montanistischen Museo. Am 30. Mai 1846, bald nach denselben, wenn auch ohne sichtbaren Zusammenhang, war von Seiner Majestät dem Kaiser Ferdinand die Gründung einer kaiserlichen *Academie der Wissenschaften* ausgesprochen.

Ich verschaffte mir Tafeln mit abwechselnd lichten und

1) In dem so höchst wichtigen Werke: »Répertoire d'Optique moderne« Paris 1850. II. 593.

dunkeln Linien, bemerkte aber nichts als das, wie mir schien, allbekannte und vielbesprochene oft wellenförmige ineinanderlaufen der Linien, das so störend und unangenehm auf das Auge wirkt. Seitdem war ich oft aufmerksam auf analoge Erscheinungen, besonders darum, weil doch das Phänomen der Büschel selbst keineswegs als vollkommen erklärt betrachtet wurde. So viele Physiker sich auch mit demselben beschäftigt hatten, beinahe ebenso viele Erklärungsarten waren dargeboten worden. Der Zufall gab mir ein Stück Stickpapier in die Hand. Man kennt wohl ziemlich allgemein die Beschaffenheit desselben mit den in zwei senkrecht auf einander stehenden Richtungen reihenweise gestellten kleinen kreisrunden Öffnungen, die, gegen Dunkles gehalten, schwarze Flecken auf Weiß, gegen Lichtes gehalten, weiße Flecken auf Schwarz darstellen.

Man hat gewöhnlich dreierlei Sorten Stickpapier mit 15, 20 und 25 Öffnungen auf einem Wiener Zoll; ich bediente mich vorzugsweise der mittleren Sorte (Fig. 15 und 16 Taf. I.)

Die reihenförmige Anordnung brachte mich auf den Gedanken, es dem Auge näher als in der Entfernung der deutlichsten Sehweite genauer zu betrachten. Ich näherte zuerst das weiße Papier mit den dunklen Punktreihen dem Auge bis zur Entfernung des deutlichsten Sehens. Sodann brachte ich es in der nämlichen Lage gegen die Gesichtslinie dem Auge immer näher. Plötzlich trennte sich, so zu sagen, über jedem dunklen Punkte scheinbar eine lichte Scheibe, aber die Farbe derselben war deutlich *bläsgelb*, während das Papier fortan im Gegensatze weißlich oder graulich erschien. Man wird es natürlich finden, wenn ich noch bevor ich den eigentlichen Vorgang bei dieser Wahrnehmung näher zu erörtern suchte, nun bei größerm Gegensatze von Licht und Dunkel die Complementar-Erscheinung sehen wollte, und das Stickpapier vor das Auge gegen das helle Licht der Wolken hielt.

Hier zeigte sich nun wie durch magische Beleuchtung bei

bei einer gewissen Entfernung vom Auge, näher als die deutlichste Schweite die über das ganze Gesichtsfeld ausgedehnte Erscheinung eines Schachbrettmusters (Fig. 17 Taf. I. vergrößert dargestellt), dessen abwechselnde Felder *weiß* und die dazwischen liegenden *farbig* waren, die letzteren jedoch wieder abwechselnd *gelb* und *violett*. Wirklich überraschend war diese anscheinend bloß *geradlinig* begränzte Zusammenstellung farbiger quadratischer Felder, da man doch in der That vollkommen *kreisrunde* Oeffnungen, und den reinen Gegensatz von Licht und Dunkel, oder Weiß und Schwarz vor sich hatte. Wo die kreisrunden *Oeffnungen* lagen, erschienen übrigens die *violetten* Töne, während das *Gelb* sich gerade auf dem *dunkelsten* Theile des Papiergrundes entwickelte. Brachte man das Papier dem Auge näher und näher, so wurde das Violett immer dunkler, das Gelb immer heller, zuletzt ganz weiß, während anstatt des Violett nur ein Grau, mit dem Weissen verschwimmend, übrig blieb. Das *Weiß* schien am hellsten; dennoch nahm man es gerade da wahr, wo der Papierkörper am vollständigsten den einfallenden Lichtstrahl abschnitt.

Die Erscheinung reichte sich nach den Farbtönen den mannigfaltigen Modificationen der Interferenz, und insbesondere den Erscheinungen der Beugung an. Ich hatte sie am 8. October 1850 zuerst gesehen, und zeigte sie dann mehreren meiner Freunde. Da ich aber für ein genaueres Studium voraussah, es würde nicht ohne große Anstrengung des Sehorgans abgehen, so bat ich unsern verehrten Collegen, Hrn. Director Doppler, er möchte vielleicht den Gegenstand einem der jüngern Forscher in seinem physikalischen Institute zur Bearbeitung übergeben. Bei der Vielartigkeit der Untersuchungen und Arbeiten konnte dies indessen bis jetzt noch nicht geschehen, und ich glaube daher, es ist besser, wenn ich selbst das Wenige, womit ich mich begnügen musste, hier mittheile, um das Feld für weitere Arbeiten vollständig offen zu lassen. Was ich vorher Quadrate nannte, weiß, gelb und violett, er-

scheint meinem Auge nicht eigentlich in geometrischer Regelmäfsigkeit als *Quadrat*: es ist vielmehr ein Raum, der so weit gleiche Ausdehnung mit den anliegenden hat, um eine andere Ansicht nicht aufkommen zu lassen. Es erschien mir übrigens dunklere Punkte in dem Ganzen, fast wie ein stumpfeckiger Stern, die nothwendig von der subjectiven Beschaffenheit des Auges abhängen müssen.

Die Farbtöne wechseln in ihrer Intensität. Wenn man von der Entfernung des deutlichsten Sehens mit dem Papier näher an das Auge rückt, so verschwimmt der Rand der kreisförmigen Oeffnungen, das Dunkle wird immer kleiner, und ist mit einem orangefarbnen Rande umgeben, während der Mittelpunkt der Oeffnung ein hohes Blau zeigt. Später dem Auge fortwährend näher gerückt, geht das Orange in Gelb, das Blau in Violett über. Meinem linken Auge erscheinen alle Töne viel heller, mehr gelb und violett, dem rechten dunkler, mehr orange und blau. Dagegen ist auch die deutlichste Schweite des ersten näher am Auge als die des letztern. Ueberhaupt erscheinen die Gegenstände meinem linken Auge deutlicher. Durch die Brille, welche die Entfernung des deutlichsten Sehens weiter hinausrückt, da ich Myops bin, erscheinen die Farbtöne auch dem linken Auge dunkler, blau und orange, bei näher und näher gerückter Stellung des Papiers in Violett und Gelb übergehend.

Es wurde früher bemerkt, dass, wenn man erst das Stickpapier mit den kreisrunden Oeffnungen in der Entfernung des deutlichsten Sehens betrachtet, und *es nach und nach dem Auge näher bringt*, dass sich dann an der Stelle der Oeffnungen die blauen oder violetten, und zunächst der Stelle der dunklen Papier-Mittelpunkte die orangefarbenen oder gelben Quadrate anlegen. Wenn man das Papier dagegen *vom Auge nach und nach entfernt*, so legt sich umgekehrt das Blau an der Stelle des Dunkeln an; innerhalb der wirklichen Oeffnungen erscheint Gelb.

Es würde wichtig seyn, alle diese Beobachtungen mit optischen Apparaten zu machen. Nicht nur würde Manches

meisbar werden, was dem bloßen Auge vorübergehende Erscheinung bleiben muss: auch die Unvollkommenheiten des menschlichen Auges würden dadurch aus dem Spiele treten. Man müfste namentlich Lichtbilder machen, sey es auf Papier, sey es auf Metall. Wie werden sich Weifs und Farbig, wie Gelb und Violett im Gegensatze darstellen? Schon wenn man die Sonne durch Stickpapier auf weissen Grund, etwa Papier, hindurcscheinen lässt, zeigen sich deutlich die gelben und violetten Quadrate, mit weissen wechselnd.

Wenn ich jetzt nun auch den Gegenstand nicht weiter zu verfolgen beabsichtigen darf, so kann ich doch eben so wenig einige Bemerkungen unterdrücken, die sich mir bei dieser Veranlassung darboten, und die ich kürzlich erwähnen will.

#### 1. Farbe der Polarisationsbüschel.

Das Gelb und Violett der Polarisationsbüschel ist so ungemein ähnlich dem der Quadrate, das man unwillkührlich daran erinnert wird, die Erklärung des Einen in der Erklärung des Andern zu suchen. Niemand wird eine andere Erklärung für die Quadrate suchen, als die Interferenz; erscheinen doch unter andern die Stickpapiere bei nahe nur als grobe Gitter von eigenthümlicher Gestalt. Aber wie sollte man einer Fläche gleichförmig polarisierten Lichtes, auf welcher man den Büschel, die gelben und violetten, die Sehaxe geglittenen Sectoren wahrnimmt, eine Beschaffenheit zumuthen, das in ihr Beugungsphänomene erwartet werden könnten. Folgende Betrachtung wird die Möglichkeit augenscheinlich hervortreten lassen. Es sey *AB* (Fig. 18 Taf. I.) die Richtung des gegen das Auge einfallenden polarisierten Lichts. Mag es durch Refraction oder Reflexion polarisiert seyn: es kann als aus unendlicher Ferne kommend betrachtet werden. Das Licht sey in der Richtung *CD* polarisiert. Es sey vollkommen weisses, gleichförmiges Licht. In dem Punkte *A* erhält also das Auge das *Maximum* des in der Richtung *CD* po-

larisirten Lichts. Gleiches, aber in geringeren Graden afficirt, das Auge zu beiden Seiten, gegen *C* und gegen *D* zu. Es könnte allerdings, gegen eine oder die andere Seite zu, weniger gewöhnliches Licht beigemengt seyn, daher die Polarisation stärker erscheinen. Dieses verwirrt die Betrachtung nicht, da hier nur die Richtung *AB* uns beschäftigt, und diese als Centrallinie gilt. Das Auge sieht unbeweglich in dieser Richtung hin, denn sonst würde der Büschel selbst alsobald auf den neuen Durchschnitt der Sehlinie mit der polarisirten Lichtfläche übertragen werden. Ist nun in *A* das Maximum, so kann man den Theil gegen *C* und *D* zu, als aus einer unendlichen Menge von der *EF* parallelen Linien *GH*, *IK* u. s. w. getheilt ansehen, die eben so viele Kanten darstellen, jede auf der Seite gegen *A* von einem helleren, auf der Seite gegen *C* von einem weniger hellen Raum begleitet. In jedem Punkte von *A* gegen *C* hin, so wie von *A* gegen *D* hin, lässt sich also ein Beugungsphänomen erwarten, und zwar ein solches, wo äufsere Ränder im helleren Raume erscheinen; es sind dies die rothen und gelben, welche nur durch ihre grosse Zartheit in ihrer ununterbrochenen Aufeinanderfolge den Eindruck von *Gelb* machen. Analoges geschieht in der Richtung gegen *E* und gegen *F*, aber begreiflich Entgegengesetztes, da Polarisation in der Richtung *CD* nichts anderes ist, als Mangel der Polarisation in der Richtung *EF*. Hier tritt also ein *Minimum* von in der Richtung *EF* polarisirtem Lichte ein, ein Minimum, das in gleichem Maafse zu beiden Seiten nach *E* und nach *F* zu abnimmt. Auch hier lässt sich also eine Aufeinanderfolge von Kanten denken, parallel *CD*, wie *LM* und *NO* an denen Beugung stattfindet, aber umgekehrt wie es in den Richtungen *AC* und *AD* stattfand, also nicht vom Helleren zum weniger Hellen, oder vom Maximum herab, sondern vom weniger Hellen zum Helleren, oder vom Minimum hinauf. Die Farbe wird daher auch die den rothen — oder in der Erscheinung gelben — Rändern entgegengesetzte seyn, nämlich *Violett*. Die Farbentöne sind am stärksten ausgedrückt, Gelb in der Rich-

tung *CD*, Violett in der Richtung *EF*; sie nehmen ab an Intensität so wie sie sich von dem Mittelpunkte *A* entfernen, sie neutralisiren sich unter den Winkeln von  $45^{\circ}$  zu Weifs.

Die vorhergehende Betrachtungsart giebt Rechenschaft über die Farbe. Diese wäre dann schon vorbereitet, bevor das Auge sie empfindet. Dann aber müfste es auch gelingen, die Büschel zu projiciren, und endlich sie auf Flächen zu fixiren. Die verschiedenen Erklärungsarten, welche blos auf der Polarisation durch Reflexion beruhen, geben keinen hinlänglichen Grund für irgend eine Farbe.

## 2. Irradiation.

Wenn man das Stickpapier mit den in senkrechten Reihen stehenden Kreis-Oeffnungen gegen das Licht hält und in der deutlichsten Schweite betrachtet, so erscheinen dieselben Oeffnungen vollkommen scharf begränzt, der Grund dunkel. Bringt man das Papier dem Auge allmälig näher, so verschwindet der scharfe Rand, das Helle dehnt sich aus, das Dunkle zieht sich zusammen. Bringt man das Papier in eine gröfsere Entfernung, so verschwindet gleichfalls der scharfe Rand der Kreis-Oeffnungen, das Helle dehnt sich aus, das Dunkle zieht sich zusammen. Gewifs ist dies *Irradiation*, wie sie in den physikalischen Werken beschrieben wird, unter andern in dem oben angeführten »*Répertoire d'Optique moderne*« des Hrn. Abbé Moigno<sup>1</sup>), in welchem er unter andern auch die grosse Arbeit des Hrn. Plateau im Auszuge mittheilt. Dieser genaue Forscher hatte übereinstimmend mit der allgemein herrschenden Ansicht über Irradiation die Erscheinung derselben einem durch den Sehact der Netzhaut mitgetheilten, eigentlich seitwärts jenseits der Gränzen des Bildes fortgesetzten Eindrücke zugeschrieben. Diese physiologische Erklärung befriedigte indessen Arago nicht. In dem von ihm über Plateau's Arbeit 1839 in der Pariser Academie

1) Tome II., 598.

gegebenen Berichte erklärte er sich gegen dieselbe, und versprach bald eine eigene Abhandlung über seine dahin gehörigen Erfahrungen und Ansichten zu geben. Sie ist nicht erschienen. Einstweilen hat Hr. Plateau seine Ge- genansichten zu den Bemerkungen Arago's bekannt gemacht. Ist es nun erlaubt, nach Plateau's eigentlich zu diesem Zwecke angestellten bis in das Kleinste ausgeführten Forschungen, noch dazu während Arago's schon angekündigte Abhandlung noch nicht erschienen ist, nur einfache Bemerkungen zu machen, ohne dass ich mir durch eine genauere und sorgsamere Arbeit eigentlich ein Recht dazu erworben hätte? Ich glaube, die Thatsache, dass eine neue Art von Beobachtungen die Frage als neuerdings aufgefrischt betrachten lässt, giebt mir hinlängliche Veranlassung dazu.

Plateau erinnert<sup>1)</sup> ), indem er die von Arago entwickelte Ansicht der Irradiation als auf dem Principe des anerkannt unvollkommenen Achromatismus des Auges beruhend annimmt, dass man dann in der Beobachtung der Irradiations-Erscheinungen Farbensäume wahrnehmen müfste, was doch in der That nicht der Fall sey. Die oben beschriebene Erscheinung ist nun aber wirklich eine solche Beobachtung von Farbensäumen, wie sie Plateau in Abrede stellt; aber die Umstände, unter welchen sie in dem Stickpapiere erscheinen, sind auch von der Art, dass man in gewisser Beziehung sagen kann, man habe die Summe der Irradiations-Farbensäume eines ganzen Kreisumfangs in einem einzigen Punkte concentrirt, und da zeigen sie sich denn auch selbst in viel gesättigteren Tönen, als wenn man sie nur einer einzigen Linie entlang vor sich hat, in welcher sich Licht und Dunkel berühren.

Aber doch kann man auch die letztern wenngleich schwachen Farbensäume, einer einzigen Linie entlang deutlich zur Anschauung bringen. Man befestige eine Lupe in der Richtung gegen gleichförmiges Licht der Wolken und betrachte durch sie eine scharfe vertical gestellte

1) Moigno II., S. 609.

Kante, z. B. eine Visitenkarte *A*, die man etwa in der linken Hand hält. Das Bild sey ganz scharf, ohne die mindeste Andeutung von Irradiation. Nun bewege man in der rechten Hand eine gleiche Karte *B* gegen die andere, so dass ein dünner Spalt übrig bleibt. Ist nun die Karte *B* näher dem Auge als *A*, so ist das Bild der Kante derselben undeutlich und hat einen gelben Rand, die Kante der Karte *A* aber hat einen blauen. Ist *B* mehr entfernt und die Kante dadurch undeutlich, so hat *B* einen blauen Rand, *A* hat einen gelben. Mit einem Worte, der nähere Rand ist gelb, der entferntere ist blau eingesäumt.

Analoge Erscheinungen zeigt der Rand eines schwarzen breiten Streifens auf Weifs. (Fig. 19 Taf. I.) Man betrachte ihn erst in der deutlichsten Schweite. Keine Irradiation. Man näherte ihn dem Auge, der deutliche Rand verschwimmt, und ist zunächst dem Dunkeln gelb, zunächst dem Hellen blau begränzt. Man bringe ihn aus der deutlichsten Schweite in gröfsere Entfernung: der Rand verschwimmt gleichfalls, aber dann ist das Schwarze mit Blau, das Weisse mit Gelb eingesäumt, alles wohl sehr zart, aber naunentlich durch den Gegensatz hinlänglich bestimmt hervortretend. Sehr lehrreich ist die Erscheinung bei der für Irradiation so oft gegebenen, Fig. 20 Taf. I. mit zwei schwarzen, sich in einer Ecke berührenden Quadraten. In der deutlichsten Schweite keine Irradiation. Die verticalen und die horizontalen Ränder verschwimmen gleichmäfsig, und das Helle greift, um es so auszudrücken, in den dunklen Raum über, aber mit diesem Unterschiede, dass bei genauerer Stellung die gelben Ränder zunächst dem Schwarz, die blauen zunächst dem Weiss sich zeigen, während umgekehrt bei gröserer Entfernung die gelben Ränder dem Weissen zunächst liegen, und die blauen an der Seite des Schwarz erscheinen. Bei günstiger heller Beleuchtung bildet sich im letztern Falle in den zwei hellen Ecken zusammengenommen das Bild eines wahren *gelben Büschels*, ähnlich dem des polarisierten Lichtes. Diese Erscheinungen sind sämmtlich sehr zarter Natur, manche

Beobachter werden sie vielleicht nicht wieder finden. Nichts destoweniger werde ich nicht zugeben dürfen, daß man deswegen ihre Existenz bestreite, nur wäre es mir wirklich sehr lieb, wenn sie auch von anderer Seite her bestätigt würden.

Die hier beschriebenen Erscheinungen, so wenig sie Apparate erfordern, aber auch so wenig sie in der Gestalt wie sie hier erwähnt sind, den Glanz und die für Messungen und Rechnungen nothwendige Feinheit besitzen, scheinen mir dennoch gerade eine sehr einfache Verbindung zwischen den noch zu sehr getrennt betrachteten Phänomenen der Beugung und der Irradiation zu beweisen. Ich bin wohl sicher in meiner Ansicht, im Gefolge eines Arago, sie ist daher auch nicht neu, ich glaubte aber dennoch die Beziehungen der neuen Beobachtungen, ungeachtet der Erwartung in der wir noch immer auf seine eigene ausführliche Abhandlung sind, eben weil die Beobachtungen selbst neu sind, nicht unangedeutet lassen zu dürfen.

Auf die Frage meines hochverehrten Freundes, Regierungsrathes v. Ettinghausen, was denn die Erscheinungen im homogenen Lichte seyen, betrachtete ich die Flamme des gesalzenen Doctes einer Spirituslampe durch das Stickpapier. Das Schachbrett erschien einfach mit hellen und dunklen Feldern, der Unterschied zwischen Violett und Gelb war verschwunden, aber der zwischen Hell und Dunkel blieb deutlich sichtbar. Nach Plateau wäre die Erscheinung der Irradiation, wenn sie im homogenen Lichte stattfindet, ein Beweis gegen die Voraussetzung, daß sie von der chromatischen Aberration des Auges herrührt. Die Modification, welche sich bei der Beobachtung des Schachbrettmusters im homogenen Lichte darbietet, ist wohl hinreichend, diese Ansicht Plateau's selbst zu widerlegen, und doch die Verbindung zu zeigen, in welcher sich die Irradiation und die chromatische Aberration befindet.

### 3. Gestalt der Krystall-Linse.

Schon längst hat Airy<sup>1)</sup> die eigenthümlichen Erscheinungen beschrieben, die auf der ungleichförmigen Strahlenbrechung in den Augen verschiedener Individuen, und selbst in den beiden Augen eines und desselben Individuums stattfinden. Er hat selbst diese Unvollkommenheiten durch eigenthümlich geschliffene Brillen, oder durch Combinationen von Gläsern corrigirt. Auch Sir David Brewster machte eben daselbst darauf aufmerksam, dass die Ursache dieser Erscheinung in der ungleichartigen Krümmung der Hornhaut oder der Krystall-Linse, oder auch wohl in der verschiedenen Dichtigkeit der letztern liegen könne. Die Betrachtung eines gleichförmig hellen Grundes durch das Stickpapier in der deutlichsten Schweite, und dann in gröfseren oder in kleineren Entfernungen vom Auge giebt durch die gleichförmige Phase so vieler in regelmäfsigen Abständen nebeneinander liegenden Oeffnungen ein gutes Mittel an die Hand, die Eigenthümlichkeiten der Augen zu studiren. Selten wird ein Individuum die gleichen Erscheinungen mit beiden Augen wahrnehmen. Ich habe wohl nur wenige verglichen, beabsichtige auch nicht hier den Gegenstand weiter zu verfolgen und will nur ganz kurz anführen, was ich an meinen eigenen Augen beobachte.

Die deutlichste Schweite ist der Anfangspunkt. Nach und nach dem linken Auge genähert, verlieren die kreisrunden Oeffnungen zwar ihre scharfen Ränder, aber nichtsdestoweniger bleibt die Form derselben regelmäfsig kreisrund. Durch die fortwährende Ausdehnung des helleren Raumes wird der dunkle zwar immer kleiner, aber bleibt regelmäfsig, so dass die Mittelpunkte der zuletzt übrig bleibenden, quadratischen Flecke ganz genau den Mittelpunkten der zwischen den runden Oeffnungen des Stickpapiers befindlichen dunkeln Ränne entsprechen. Eine ganz gleiche Erscheinung giebt das linke Auge bei allmälig stattfindender gröfserer Entfernung.

1) Brewster's *Journal of Science*, Vol. VII, p. 322. 1827.

Das rechte Auge zeigt eine abweichende Erscheinung. Bringe ich das Papier immer näher, so tritt die Bildung der verwischten Ränder zuerst, und mit gröfserer Breite links oben, und rechts unten an den Oeffnungen ein. Die Oeffnungen verziehen sich dadurch nach und nach zu, von links oben gegen rechts unten schief liegenden, Maschen, in welchen die beiden Seiten sich verhalten wie  $1:1/2$ . Später folgt die Erscheinung des Schachbrettes. Bei gröfserer Entfernung zeigen sich ebenfalls solche Maschen, aber ihre Richtung ist die gerade entgegengesetzte, von rechts oben gegen links unten.

Die Regelmäfsigkeit der Bildung des Auges zeigt sich in der Leichtigkeit und Genauigkeit von Beobachtungen, sey es mit blosem Auge, oder mit Hülfe von optischen Apparaten. Ich kann mir keinen vollkommeneren optischen Eindruck denken, als den, welchen mein linkes Auge im Gebrauche einer Lupe empfängt; bei dem rechten Auge bleibt immer Vieles zu wünschen übrig, die Gegenstände sind niemals durch so scharfe Umrisse begränzt, wie bei dem linken Auge.

Ich muß noch hinzufügen, daß man überhaupt die in dem letzten Abschnitt erwähnten Untersuchungen sehr zweckmäfsig durch den Gebrauch einer Lupe unterstützen, so wie man überhaupt Gegenstände dieser Art in einer grofsen Mannigfaltigkeit von Nebenumständen behandeln kann, von denen allen indessen es gleichmäfsig wahr bleibt, daß sie die Augen ungemein anstrengen.

#### 4. Die ineinander laufenden Linien.

Brewster<sup>1)</sup>) hat mancherlei hierher gehörige Beobachtungen gemacht und die Eindrücke beschrieben. Sie reihen sich auf das genaueste den oben verzeichneten an. Zahlreiche höchst feine wie gebrochene Parallel-Linien erscheinen, wenn man gegen einen hellen Grund durch ein System von parallelen Oeffnungen, etwa fünf und zwanzig auf einen Zoll, zum Beispiel durch die Zahne

1) Moigno II, p. 614.

eines Kamms hindurchsieht. Man kann auch zwei Kämme kreuzen. Diese höchst feinen Linien erscheinen auch bei den Versuchen mit dem Stickpapier.

Wenn man Parallel-Linien schwarz auf weiss, etwa das Meer auf einer geographischen Karte, längere Zeit aufmerksam in einer festen Richtung betrachtet, so laufen die Linien bald untereinander, verlieren scheinbar ihren Parallelismus, vereinigen sich in Knoten, wie bei einer Kette, die indessen niemals unbeweglich werden, zum grossen Missbehagen der Augen. Brewster giebt sogar die Farben-Empfindung von Gelb, von Blau und Grün an, welche sich in den Räumen zwischen den Linien zeigen.

Diese Phänomene beruhen angeblich auf *geradlinigen auf der Netzhaut fortgepflanzten Schwingungen*. Die Interferenz und Kreuzung der Schwingungen, durch welche die schwarzen Linien abgebrochen erscheinen und Farben sich bilden, entsteht durch die Beweglichkeit des Kopfes und der Hand, hervorgebracht durch den Parallelismus der aufeinander folgenden Schwingungen<sup>1)</sup>.

Die hier erwähnten Schwingungen der Netzhaut anzunehmen scheint mir bei der Erklärung der Erscheinungen nicht nothwendig. Man reicht wohl gänzlich mit derselben Modification der Beugung und Irradiation aus, die oben bezeichnet wurde. Man mache parallele gleich breite schwarze Striche auf weisses Papier, mit gleich grossen Zwischenräumen 15 bis 20 auf den Zoll. In der Entfernung der deutlichsten Sehweite noch so lange betrachtet, erscheint keine Veränderung, keine Irradiation, kein Einanderlaufen. Aber man nähre sie im zurückgeworfenen oder durchfallenden Lichte dem Auge; über dem Schwarz entsteht nun ein heller gelber Streif, in den Zwi-

1) *Les phénomènes produits dans ces deux expériences appartiennent naturellement à des ondulations rectilignes propagées sur la rétine, et l'interférence et le croisement des ondulations par suite desquels les lignes noires se brisent en portions détachées et les couleurs se produisent, naissent du peu de fixité de la tête et de la main que cause un parallélisme dans les ondulations successives.* Moigno II, p. 615.

schenräumen zeigt sich Violett oder Blau. Jenseits erscheint was dunkel war licht, was licht war dunkel. Entgegengesetztes findet statt, wenn man die mit Parallelstreifen versehene Fläche vom Auge entfernt; das Schwarze erscheint dann blau, das Weisse dazwischen gelb. Jenseits geht das Blau in Weiß, das Gelb in Schwarz über. Das ineinanderlaufen der Linien findet im Gesichtsfelde nicht an der Stelle des deutlichsten Sehens, sondern etwas außerhalb desselben statt. Will man es verfolgen, so gerath das Auge in eine solche Entfernung von den Parallel-Linien, daß der Gegenstand außerhalb der deutlichsten Schweite liegt. Die unwillkürlichen Bemühungen zur Accommodation des Auges, das Verschwinden der Ränder, die Beugungsfarben, endlich die Ermüdung der Netzhaut geben der Momente genug, um die Pulsationen der Erscheinung durch directen Eindruck zu erklären, ohne daß man eine seitliche Fortpflanzung von Schwingungen auf der Netzhaut anzunehmen nöthig hat.

---

### *III. Ueber die Longitudinallinien des Sonnenspectrums; von Dr. Georg Kessler.*

---

Im Laufe einer experimentellen Untersuchung über Interferenzen des Lichts, zu welcher ich die den verschiedenen Fraunhofer'schen Linien entsprechenden Brechungsindices für ein bestimmtes Prisma brauchte, mußte ich natürlich auch auf die Longitudinallinien, welche sich unter gewissen Umständen im Spectrum des Sonnenlichtes zeigen, aufmerksam werden. Ich überzeugte mich jedoch bald, daß diese nur von Unvollkommenheiten der angewandten Apparate herrühren und beabsichtigte sie ganz mit Stillschweigen zu übergehen; denn ich glaubte, nachdem zuletzt noch Wartmann sich der Ansicht von Erman, Crahay,

Cavalleri, Kühn, Knoblauch und Karsten ange-  
schlossen hatte, stehe die Thatsache fest, dass bewusste  
Linien, insbesondere von Unvollkommenheiten der ange-  
wandten Apparate, im Allgemeinen aber von der verschie-  
denen Intensität der auf das Prisma fallenden Lichtstrah-  
len herrühren. — Da jedoch neuerdings von Hrn. Prof.  
Ragona-Scina (Pogg. Ann. LXXXIII, S. 590) wiederum  
die Ansicht ausgesprochen wird, jene Streifen seyen eine  
Interferenzwirkung, so dürfte es vielleicht zu rechtfertigen  
seyn, wenn ich mit einigen Worten meiner Beobachtun-  
gen gedenke und einen Versuch anfühere, auf den mich  
die Mittheilung des Hrn. Ragona leitete, und der wenigstens  
für Einen Fall die Entstehung der Horizontallinien  
aufs Bestimmteste nachweist.

Die Apparate, welche ich zu meinen Untersuchungen benutze, bestehen (so weit sie bei nachfolgenden Experi-  
menten dienten) in

- 1) einem Flintglasprisma von Merz u. Söhne in Mün-  
chen, dessen brechender Winkel =  $40^{\circ} 58' 4",5$ , und  
dessen Höhe der brechenden Kante =  $1",238$  rhein.;
- 2) einem 8 zölligen Repetitionstheodoliten, vor dessen Objective durch ein System von Schrauben das Prisma so befestigt werden kann, dass es seine Stellung gegen das Fernrohr bei dessen Drehung unverändert beibehält und dass seine berechnete Kante vertical steht;
- 3) einer, im Laden eines Fensters befestigten Diffractions-  
schneide aus 2 Stahlschneiden bestehend, welche durch  
eine Mikrometerschraube einander näher oder ferner  
gebracht werden können;
- 4) einer Crownglaslinse (*biconvex*) von etwa  $13",6$  rhein.  
Brennweite und  $5",3$  Oeffnung; die Entfernung vom  
Mittelpunkte des Theodoliten bis zur Schneide beträgt  
 $194",139$  und die Entfernung der brechenden Kante  
des Prismas vom Mittelpunkte des Theodoliten ist =  
 $8",537$ . Die Linie von letzterem zur Schneide weicht  
nur wenig vom astronomischen Meridian nach Osten

ab und die Absehenslinie des Fernrohrs, wenn dieses auf den höchsten und tiefsten Punkt der Schneide gerichtet ist, trifft auf eine etwa 5600' entfernte mit Wald bewachsene Anhöhe.

Wenn die im Sonnenspectrum beobachteten Horizontallinien von Unreinigkeiten des Prismas, Unebenheiten der Schneiden, oder von an beiden haftenden Staubtheilchen herrührten, so müssen sie ihre Lage ändern, sobald das Prisma oder die Schneide in einer Verticalebene verschoben wurden; ich that dies bei beiden, die Linien blieben aber fest. Nun war noch zu untersuchen, ob sie vielleicht von einer mit weißem Papier beklebten Klappe herrührten, welche ich vor der Schneide angebracht hatte, um von ihr, wie von einem Spiegel, Licht auf diese werfen zu lassen; ich bewegte sie (die Klappe) deshalb auf und ab und sah, wie die Linien diese Bewegung mitmachten. Als ich hierauf die Klappe ganz wegnahm, und ebenso, als ich sie mit anderem ganz *reinem* Papiere beklebt hatte, verschwanden *alle Horizontallinien* im Spectrum *vollständig* und ich habe seitdem bei vielfacher Betrachtung des Spectrums und seiner Fraunhofer'schen Linien keine Spur mehr davon wahrnehmen können, woraus ich mich, den Schluss zu ziehen, für berechtigt hielt, daß *alle Longitudinallinien*, welche ich gesehen, von Unreinigkeiten des Papiers auf jener Klappe herrührten, besonders, da ich sie wiederum nach Willkür erscheinen lassen konnte, wenn ich die Bedingung der Unreinigkeit durch Aufstreuen von Staub oder Anbringung von dunklen Punkten auf jedem Papire erfüllte.

Nach Durchlesung der von Hrn. Ragona gemachten Mittheilung bemühte ich mich, dessen Versuche genau zu wiederholen, so weit dies nach der etwas aphoristischen Beschreibung möglich ist, konnte aber dabei keine Longitudinallinien im Spectrum zu Gesichte bekommen. Ob dieses negative Resultat meiner Ungeschicklichkeit oder anderweitigen Umständen zuzuschreiben sey, muß ich dahin gestellt seyn lassen; ich versuchte zuletzt noch die zu An-

fang erwähnte Linse in etwa 8" Entfernung hinter dem Schlitte aufzustellen, so dass das Tageslicht, ehe es zu dem vor dem Theodolitenrohr befestigten Prisma gelangen konnte, erst diese passiren musste, und zu meinem großen Erstaunen sah ich jetzt neben den etwas undeutlichen Fraunhofer'schen Linien im Spectrum eine große Anzahl der verschiedensten horizontalen Streifen, die zum Theile intensiv schwarz, zum Theile grau, theils als breitere Bänder oder als scharf begränzte Linien mit Lichtstreifen abwechselnd erschienen. Die Verengung des Schlitzes ließ sie an Intensität abnehmen und die Verrückung der Linse in horizontalem Sinne hatte keinen Einfluss auf ihren Ort. Ich überzeugte mich von letzterem durch folgende Ableseungen am Verticalkreis des Theodoliten, indem ich bei verschiedenen Distanzen der Linse auf zwei markirte Streifen einstellte.

| Entfernung der Linse vom<br>Schlitte. | Ableseungen am Vertical-<br>kreis.            |
|---------------------------------------|---|
| 10",99                                | Obere Linie = 0° 16',0<br>Untere " = 0° 45',0 |
| 11",65                                | Obere " = 0° 16',0<br>Untere " = 0° 45',5     |
| 5",41                                 | Obere " = 0° 17',0<br>Untere " = 0° 45',0     |

Die Verrückung im verticalen Sinne der Linse hatte eine eben solche der Linien zur Folge.

Um zu untersuchen, ob deren Ursprung etwa im Schlitte oder in der Linse sey, nahm ich das Prisma vor dem Fernrohre weg, und sah direct auf beide. Jetzt zeigten sich auch im Schlitte hellere und dunklere Partien, die den Streifen im Spectrum zu correspondiren schienen, und um nun schliesslich zu wissen, ob diese durch außerhalb des Schlitzes gelegene Gegenstände verursacht würden, stellte ich den Horizontalsfaden des Fernrohres auf eine der auffallendsten dunkeln Stellen, nahm dann die Diffractionsschneide ganz weg, so dass ich durch die Linse hindurch ins Freie sehen konnte, und es war spaßhaft an-

zusehen, wie jetzt der Faden einen schwarzen Düngerhaufen gerade in der Mitte traf. Nun wußte ich, wo meine Horizontallinien herkamen und daß die ganze Gegend ihren hellern und dunklern Partien nach in dem Spectrum abgebildet war; um aber darüber keinen Zweifel zu lassen, brachte ich Prisma und Schneide wieder an ihren Ort, stellte die brechende Kante des ersten möglichst vertical und las die Angaben meines Verticalkreises ab, als der Faden mit den hervortretendsten hellen oder dunklen Linien coïncidirte. Ich erhielt Folgendes:

|  | Verticalkreis.   |
|--|------------------|
| Oberer Rand der Streifen scharf begrenzt . . . . .             | $+ 0^\circ 6',0$ |
| Lichtlinie ziemlich breit . . . . .                            | $0^\circ 11',0$  |
| Lichtlinie schmäler . . . . .                                  | $0^\circ 16',0$  |
| Oberer Rand einer Gruppe sehr schwarzer Linien . . . . .       | $0^\circ 18',5$  |
| Lichtlinie . . . . .   | $0^\circ 24',0$  |
| Lichtlinie schwach . . . . .                                   | $0^\circ 27',5$  |
| Oberer Rand einer schwarzen Gruppe . . . . .                   | $0^\circ 30',0$  |
| Unterer Rand derselben Gruppe . . . . .                        | $0^\circ 33',5$  |
| Oberer Rand einer ähnlichen Gruppe . . . . .                   | $0^\circ 35',0$  |
| Unterer Rand derselben Gruppe . . . . .                        | $0^\circ 40',0$  |
| Mitte einer Gruppe grauer, aber sehr scharfer Linien . . . . . | $0^\circ 51',0$  |

Nachdem nun Prisma und Schneide weggenommen waren, wurde auf dieselben Zahlen eingestellt und der Faden traf auf nachfolgende Gegenstände:

| bei             | auf:  |
|-----------------|---|
| $0^\circ 6',0$  | Obere Gränzlinie einer waldigen Anhöhe          |
| $0^\circ 11',0$ | Untere Gränzlinie derselben. Streif einer Wiese |
| $0^\circ 16',0$ | Weg mit weißem Sand                             |
| $0^\circ 18',0$ | Oberen Rand eines Düngerhaufens                 |
| $0^\circ 24',0$ | Fußweg mit weißem Sand                          |
| $0^\circ 27',5$ | Fußweg im Feld gelblich,                        |
| $0^\circ 30',0$ | Obere Gränze eines dunkeln Zaunes               |
| $0^\circ 33',5$ | Untere Gränze derselben                         |
| $0^\circ 35',0$ | Obere Gränze eines anderen Stückes derselben    |
| $0^\circ 40',0$ | Untere Gränze derselben                         |
| $0^\circ 51',0$ | Mitte eines frisch gepflügten Feldes.           |

Eine zweite Reihe von Einstellungen, welche ganz dasselbe Resultat ergab, will ich nicht hersetzen, um die Gränzen einer Notiz nicht zu überschreiten; es wird sich jeder,

jeder, den es interessiren sollte, leicht überzeugen können,  
*dafs man durch Interposition einer Linse (nahe am Schlitte) die Licht- und Schattennüancen der ganzen Gegend als Horizontal-Streifen ins Spectrum bekommt.*

Dafs diese zum Theil so scharf und intensiv dunkel oder hell auftreten, begreift man leicht, wenn man das durch die Linse gebildete Luftbild durchs Fernrohr oder auf einen weissen Schirm projicirt betrachtet. In ihm sind alle Nüancen des Lichtes aufs Schärfste ausgesprochen, weil alle Strahlen, welche auf die Linse fallen, in dem kleinen Raume desselben zusammengedrängt sind, und von diesem aus gelangen sie ja erst auf das Prisma.

Die Linien müssen ihrer ganzen Länge nach gleichförmig breit seyn, weil ja jeder in einem verticalen Schnitte des Bildes liegende Punkt durch die Brechung des Prismas zu einer Linie ausgezogen wird und in dieser, wenn nur das Prisma homogen ist, ihrer ganzen Länge nach nichts als wieder derselbe Punkt anzutreffen ist.

Der Grund, warum ich bei meinen Versuchen ohne Linse gar keine Intensitäts-Verschiedenheiten in verticaler Richtung wahrnehmen konnte, liegt darin, dafs um die Fraunhofer'schen Linien deutlich zu sehen, das Ocular des Fernrohrs ungefähr so gestellt werden muss, dafs der Schlitz scharf begränzt erscheint, und ist dieser, wie bei mir, ziemlich nahe (etwa 16'), so werden die von ihm ausgehenden Strahlen in dem Fernrobre an einer ganz anderen Stelle zur Vereinigung kommen, als die von einem mehrere tausend Fusse entfernten Gegenstande ausgesandten, so dafs die beiden erzeugten Bilder bei der erwähnten Stellung des Oculars nicht zugleich gesehen werden können, also auch die Wirkung des einen auf das Spectrum nicht bemerkbar ist. Bei Anwendung einer nahe beim Spalte angebrachten Linse jedoch gelangt durch ihre Vermittlung von einem sehr beträchtlichen Theile der Gegend und des Himmels Licht zum Prisma, die grösere oder geringere Helligkeit derselben wird jetzt in dem klei-

nen Luftbilde, das seine Strahlen nach dem Prisma sendet, sehr bemerklich, und es fällt nun die Vereinigungsweite derselben so ziemlich mit der der Fraunhofer'schen Linien zusammen, so dass die Stellung des Oculars eine für das Deutlichsehen beider Bilder günstige ist.

Wenn die Menge und Intensität des auf das Prisma fallenden Lichtes groß genug ist, und das Ocular eine ihrer Vereinigungsweite entsprechende Stellung hat, so müssen auch *ohne Linse* alle Variationen der Erleuchtung als helle oder dunkle Linien im Spectrum auftreten, was schon früher von Crahay ausgesprochen wurde.

In Betreff der Mittheilung des Hra. Ragona, will ich gerade nicht behaupten, dass die von ihm gesehenen Horizontallinien mit den meinigen gleichen Ursprungs gewesen seyen; seine Versuche sind, um hierüber ein Urtheil fällen zu können, nicht ausführlich genug beschrieben; es dürften aber doch vielleicht ähnliche Umstände mit im Spiele gewesen seyn, denn besonders bei Beobachtungen ohne Fernrohr, wo die oben erwähnte Stellung des Oculars nicht das eine Bild gewissermaßen auslöscht, dürfte es sehr schwer halten, sich von den Einflüssen einer verschiedenen Beleuchtung der Gegend und des Himmels ganz frei zu machen.

Die Behauptung des Hrn. Ragona: »dass Linien, welche sich so deutlich und schön auf der Projectionsebene abbilden, die in ihrer ganzen Ausdehnung so gleichförmig und scharf sind, sich beim ersten Blicke von denen unterscheiden, die durch Unebenheiten der Ränder, Mangelhaftigkeit des Apparats etc.“ entstehen, will mir jedoch sehr gewagt erscheinen, und meiner Erfahrung nach geben die angeführten Eigenschaften noch kein Kriterium für Entstehung durch Interferenz ab. — Viele meiner Horizontallinien, die durch Unreinigkeiten des Papiers und durch die erwähnte Interposition der Linse hervorgebracht wurden, waren außerordentlich scharf und gleichförmig, während dagegen *wirkliche verticale Interferenzlinien*, wie sie

im Spectrum auftreten, wenn das Licht durch ein dünnes Glimmerblatt gegangen ist, je nach dessen Dicke, ein mehr oder minder *verwaschene*s Ansehen haben.

Berlin im Januar 1852.

**IV. Weitere Mittheilungen, meine Theorie des farbigen Lichtes der Doppelsterne betreffend;  
von Dr. Christian Doppler.**

(Gelesen in der naturwissenschaftlichen Classensitzung der K. Academie d.  
Wiss. zu Wien und mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

Vor etwa anderthalb Jahren hatte ich das naturwissenschaftliche Publicum auf zwei Memoiren des Hrn. Benedetto Sestini, damaligem Astronomen am *Collegio Romano* zu Rom, aufmerksam gemacht, welche eine reiche Sammlung von neuen Beobachtungen über das farbige Licht der Fixsterne enthielten, und von denen das eine im Jahre 1845, das zweite im Jahre 1847 zur Publicität gelangte. Es hatte nämlich dieser verdiente Astronom aus Veranlassung meiner kleinen Abhandlung: »über das farbige Licht der Doppelsterne u. s. w.,« welche ihm bald nach ihrem Erscheinen zugekommen war, unter theilweiser Mithülfe des Hrn. Ignazio Cugnoni und seines Collegen Antonio Grofs, aus reinem Interesse für die Wissenschaft, sich der gewifs nicht unbedeutenden, mehrjährigen Mühe unterzogen, eine sorgfältige Durchmusterung und Abzeichnung des gestirnten Himmels und eine genaue Bestimmung der Farbe des Lichtes der einzelnen Fixsterne, worauf man bis dahin wenig Gewicht gelegt, vorzunehmen. Meine Theorie, die ich als dem wissenschaftlichen Publicum bereits hinreichend bekannt voraussetzen darf, führt nämlich mit Nothwendigkeit zu der Folgerung, dass, wie auch im-

mer die ursprüngliche und eigenthümliche Farbe des Lichtes der Fixsterne beschaffen seyn möge, diese Farbe für die Wahrnehmung jedensfalls eine Aenderung dann erfahren muss, wenn diese Himmelskörper in eine sehr schnelle Bewegung gerathen, oder falls sie damit bereits begabt sind, diese merklich ändern. Obgleich demnach die Frage über die ursprüngliche Farbe des Fixsternenlichtes mit meiner Theorie, die nur die Farbenänderungen der Gestirne zu erklären sucht, in keinem unmittelbaren Zusammenhange steht; so machen es doch der wahrscheinlich gleiche Ursprung und die vermutlich nahezu gleiche Beschaffenheit der Fixsterne, so wie der weitere Umstand, dass die Farbe der überwiegenden Mehrzahl und namentlich derjenigen Fixsterne, an denen wir keinerlei Bewegung wahrnehmen, oder sonst ihnen beizulegen uns veranlaßt sehen, die weisse oder gelblichweisse ist, während wir hinwieder gerade solche Gestirne, deren schnelle Bewegung außer allem Zweifel steht, z. B. die Doppelsterne, in mehr oder weniger gefärbtem, ja mit unter selbst in brillant farbigem Lichte prunken sehen, — diese Umstände, sage ich, machen es nicht nur in hohem Grade wahrscheinlich, dass die Farbe des Lichts sämmtlicher Fixsterne an sich weiss oder gelblichweiss ist, sondern sie sprechen noch weiteres mit großer Ueberredungskraft der Ansicht das Wort, dass, wenn wir viele der Gestirne in einem anderen als weissem Lichte erglänzen sehn, dies in einer Bewegung derselben seinen Grund haben dürfte. Ich würde mich einer unverantwortlichen Wiederholung schuldig machen, wollte ich hier ausführlich nochmals darthun, in welcher überraschenden Weise die in den oben erwähnten Memoires niedergelegten zahlreichen Beobachtungen dieser meiner Ansicht das Wort reden, weshalb ich mich begnügen, diesfalls auf meinen Vortrag vom 18. Juli 1850, welcher in das Juli-Heft der academischen Sitzungsberichte desselben Jahres aufgenommen ist, oder auf Poggendorff's Annalen von 1850, mich zu berufen. Und nun sey es mir gestattet, auf nach-

folgende Mittheilungen überzugehen, welche zugleich als eine Fortsetzung der früheren erachtet werden können.

Vor einigen Tagen nämlich erhielt ich aus Georgetown, in Nordamerika, ein Schreiben, datirt vom 2. November 1851, von Hrn. Sestini, in welchem er mich seines fort-dauernden Interesses an dieser wissenschaftlichen Angelegenheit versichert, und mir zugleich mittheilt, dass er seitdem in Amerika eine vollständige Revision seiner früheren Beobachtungen vorgenommen habe. Er hatte die Güte mir anzuseigen, dass er seine diesfallsigen Beobachtungen und Wahrnehmungen unter gleichzeitiger Darlegung meiner Theorie in dem 11. und 12. Heft des *Astronomical Journal* von 1850, welches unter der Redaction des Dr. B. A. Gould zu Cambridge erscheint, niedergelegt habe, und fordert mich auf, falls es nicht bereits schon geschehen seyn sollte, davon Kenntniß zu nehmen.

Hr. Sestini wirkt nunmehr seit 1848 als *Professor of Natural Philosophy* am *Georgetown College* in Amerika, wohin er, um den Stürmen, welche wahrlich nicht zum Frommen der Wissenschaft und Gesittung über Europa hereinbrachen, auszuweichen, gegangen war.

Es bedarf wohl nicht erst der Versicherung, dass ich mich beeilte dieser Erwartung zu entsprechen, um mich so in den Stand zu setzen, dem wissenschaftlichen Publicum nebst den neuen Thatsachen zugleich auch jene Folgerungen vorzulegen, die sich mir aus diesen ungezwungen und unbestreitbar zu ergeben scheinen.

Hr. Sestini ließ es sich, in Amerika angekommen, wie er selber sagt, angelegen seyn, seine frühere wissenschaftliche Arbeit über diesen Gegenstand alsbald wieder aufzunehmen, und da es ihm vor Allem darum zu thun war, den Einfluss genau kennen zu lernen, welchen eine etwaige atmosphärische Verschiedenheit der Beobachtungsorte von Rom und Georgetown auf die Beobachtungsergebnisse selber vielleicht ausüben könnten, so bediente er sich desselben vortrefflichen Teleskopes, mit welchem er seine früheren Beobachtungen in Rom angestellt und das

er mit nach Amerika hinübergebracht hatte. Denn nur auf diese Weise konnte er bei Beobachtungen von so delicater Art, als jene über das farbige Licht der Gestirne sind, von sich selber jeden Zweifel und Andern gegenüber jede Einwendung fern halten. Es war ihm, dem getübten praktischen Astronomen, nämlich nichts weniger als unbekannt, dass verschiedene Teleskope, zumal Reflectoren, die verschiedenen Farbenntüancen nicht mit gleicher Leichtigkeit wieder erkennen lassen. Auch führt er andererseits selber Beispiele von zu Rom und in England gemachten Beobachtungen an, aus denen der Einfluss der atmosphärischen Zustände auf die Beobachtungen nur zu deutlich erhellt. Es muß also wohl angenommen werden, dass er auch diesem Umstände gehörige Rechnung werde getragen haben.

Wohl bekannt ferner mit dem nachtheiligen Einflus, welchen vorgefasste Meinungen auf die Richtigkeit und Verläßlichkeit menschlicher Urtheile, insbesondere bei Beobachtungen so häklicher Natur ausüben, hatte Hr. Sestini, wie er berichtet, absichtlich seine früheren Aufzeichnungen fern gehalten, ja jede Erinnerung an dieselben aus seinem Gedächtnisse verbannt, und nahm sie erst wieder vor, als er die beabsichtigte Revision gänzlich vollendet hatte. Man sieht also wohl, dass seine Angaben volles Vertrauen verdienen, da er mit so vieler Vorsicht und Umsicht hierbei zu Werke ging.

Eine Vergleichung seiner neuen Beobachtungen mit den früheren ergaben nun nachfolgende, meines Erachtens höchst beachtenswerthe Resultate.

1. Die Vergleichung der amerikanischen mit den früheren zu Rom gemachten Beobachtungen, in sofern sich diese, was hier ausdrücklich hervorgehoben werden muß, auf die bis jetzt als Einzelnsterne geltenden Fixsterne beziehen, zeigt in Bezug auf ihre Farbe eine höchst bemerkenswerthe, ja überraschende Uebereinstimmung, eine so grosse, dass sie selbst Hrn. Sestini's Erwartung noch weit übertraf. Es berechtigt ohne Zweifel dieser Umstand

zunächst zu der Annahme, dass der Zustand der Atmosphäre zu Georgetown und Rom in optischer Beziehung glücklicherweise als durchaus gleichartig erachtet werden darf, sodann aber auch zu der, dass Fleiss und Geschicklichkeit bei der früheren und der neueren Aufzeichnung sich das Gleichgewicht gehalten haben müssen. Hr. Seestini bemerkt in ersterer Beziehung noch überdies, dass er auch bei seinen anderen häufigen Beobachtungen an den Planeten, den Monden und dem Ringe des Saturns hier wie dort keinerlei hierhergehörige Verschiedenheiten wahrgekommen habe. Sollten sich deftungeseachtet bei anderen als diesen Einzelsternen, wie etwa bei den Doppelsternen, oder selbst auch bei einigen wenigen der ersten, ganz unzweifelhafte Farbedifferenzen herausstellen, so könnten diese weder auf Rechnung des Teleskopes, noch auf Rechnung der Atmosphäre, noch endlich auf jene des Beobachters selber gesetzt werden, welcher letztere hier wie dort der nämliche, sich auch derselben geistigen und physischen Unbefangenheit und Constitution zu erfreuen hatte. Es müfste vielmehr angenommen werden, dass die Ursache hiervon nur eine objective in jenen Gestirnen selber liegende seyn könne.

2. Bei der so großen Anzahl von beobachteten Einzelsternen, die sich, zu Rom wie in Georgetown, genau mit denselben und zwar ganz und gar unveränderten Farben zeigten, fällt es auf, dass eben nur fünf davon eine Ausnahme machen. Wären die betreffenden Farbdifferenzen nur ganz unbedeutender oder gar zweifelhafter Art, so könnten sie wohl als verzeihliche Beobachtungsfehler hingenommen werden; allein dies ist keineswegs der Fall. Es muss vielmehr gesagt werden, dass diese Farbdifferenzen durchaus sehr bedeutende sind, und unter diesen sogar Änderungen im entgegengesetzten Sinne vorkommen, in der Weise, dass z. B. ein Stern (\*), der in Rom lichtgelb erschien, zu Georgetown tief orange gesehen wurde, während hinwieder ein zweiter (\*\*) seine tief orange Farbe bereits zur Zeit der Beobachtung in Geor-

getown in lichtgelb verändert hatte. Ebenso wurde ein zu Rom weiß erblickter Stern zu Georgetown orange, und ein purpurblauer am letzteren Orte weiß gesehen.

Lässt eine solche Erscheinung unter den vorliegenden Umständen wohl füglich einen anderen als rein objectiven Erklärungsgrund zu? Die erwähnten fünf Sterne mit ihren Farbeänderungen sind nun folgende:

| Name.                | Beobachtung zu Rom.       | Beobacht. zu Georgetown. |
|----------------------|---------------------------|--------------------------|
| (*) Sagittar. $\chi$ | deep orange, tief orange  | light yellow, lichtgelb  |
| Aquilae n.           | deep orange, tief orange  | yellow, gelb             |
| (**) Serpent. $\chi$ | light yellow, lichtgelb   | deep orange, tieforange  |
| Pegasi $\theta$      | white, weiß               | orange, orange           |
| Pegasi $\gamma$      | purplish blue, purpurblau | white, weiß              |

3. Das Interesse an den eben erwähnten Beobachtungsdaten steigert sich jedoch noch um ein Bedeutendes, wenn man aus Hrn. Sestini's brieflicher und öffentlicher Mittheilung vernimmt, dass, — im auffallenden Gegensatze zu den eigentlichen Fixsternen, — die Farbe des Lichtes der meisten Doppelsterne sich selbst schon nach Verlauf von nur so wenigen Jahren ganz unzweifelhaft geändert habe. Hr. Sestini versichert nämlich zu wiederholten Malen, dass er dasselbe nur selten ganz ungeändert gefunden habe. Es darf nicht auffallen, dass diese Behauptung in dieser Ausdehnung wenigstens (denn von einzelnen Sternen ist dies bereits bekannt) bisher noch von keinem anderen Astronomen ausgesprochen wurde, da ja bekanntlich auch von Niemandem bisher der gestirnte Himmel mit gleich emsiger Beharrlichkeit und zwar in der in Rede stehenden Absicht, wie von Hrn. Sestini, durchforscht wurde. Von den Doppelsternen aber ist es denn doch gewiss, dass sie sich alle mit mehr oder weniger, die meisten sogar mit sehr grossen Geschwindigkeiten im Weltraume bewegen.

Indem ich es für meine Pflicht hielt, das wissenschaftliche Publicum von diesen Resultaten der neuesten Beobachtungen und von den mit Wahrscheinlichkeit daraus sich

ergebenden Consequenzen in Kenntniß zu setzen, lebe ich mehr als je der Ueberzeugung, daß der Farbenschmuck, welchen das beobachtende Auge an den Doppelsternen und einigen anderen Gestirnen des Himmels bewundert, uns einstens wohl zu mehr als zu einer bloßen Augenweide, daß er uns in einer, wenn auch vielleicht fernen Zukunft, dazu dienen werde, die Elemente der Bahnen von Himmelskörpern zu bestimmen, deren unermessliche Entfernung von uns nur noch die Anwendung optischer Hülfsmittel gestatten dürften.

Da es dem Leser vielleicht angenehm seyn könnte, die über diesen Gegenstand mir bisher bekannt gewordene Literatur kennen zu lernen, so möge sie hier eine Stelle finden.

1. Ueber das farbige Licht der Doppelsterne. Prag bei Borrosch und André 1842.
2. Beleuchtung und Widerlegung der von Dr. Mädler in Dorpat gegen meine Theorie des farbigen Lichtes der Doppelsterne erhobenen Bedenken, in den österreichischen Blättern für Literatur und Kunst von Schmidl.
3. Bemerkungen zu meiner Theorie des farbigen Lichtes der Doppelsterne mit vorzüglicher Rücksicht auf die von Dr. Ballot zu Utrecht dagegen erhobene Bedenken, in Poggend. Annalen Bd. 68, S. 1.
4. Einige Mittheilungen und Bemerkungen meine Theorie des farbigen Lichtes der Doppelsterne betreffend. Sitzungsberichte der kais. Academie. Juliheft 1850, S. 154, auch in Poggend. Annalen 1850.
5. Ueber den Einfluß der Bewegung auf die Intensität der Töne etc., in dem Sitzungsberichte der kais. Academie im Junihfest 1851 und in Poggend. Ann. 1851.
6. Ueber Doppler's Erklärung des farbigen Lichtes der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne von Carl Kreil, im astronomisch-meteorologischen Jahrbuche für Prag 1844.
7. Akustische Versuche auf der Eisenbahn zwischen Utrecht und Marsen, nebst Anmerkungen zur Theorie des Hrn. Prof. Doppler von Dr. Ballot zu Utrecht in Poggend. Annalen Bd. 66, S. 321. 1845.
8. *De Synaphia et Prosaphia. Traject. ad Rhen. de Dr. Ballot. 1844.*
9. Ein Paar Bemerkungen über die neue Theorie des Prof. Doppler über das farbige Licht der Doppelsterne etc. von Dr. Bernhard Bolzano in Poggend. Annalen Bd. 60, S. 83. 1843.

10. *Repertoire d'optique moderne.* Paris 1850 par M. Moigno.
11. *Memoria sopra i colori delle stelle del catalogo de Baily osservati dal P. Benedetto Sestini.* Roma 1847.
12. *Memoria seconda intorno ai colori delle stelle del catalogo di Baily osservati dal P. Benedetto Sestini.* Roma 1847.
13. *Astronomical Journal* von Dr. Gould, herausgegeben in Cambridge, 11. und 12. Heft 1850, von Prof. Benedetto Sestini.

**V. Ueber die Refraction des Schalles;**  
**von Carl Sondhauss.**

Schon seit mehreren Jahren beschäftigt mich der Gedanke, dass in der Luft sich ausbreitende Schallwellen beim Uebergange in ein anderes Medium, in welchem sie eine andere Fortpflanzungsgeschwindigkeit haben, eine ähnliche Gestaltsveränderung erleiden müfsten, wie die in ein anderes Medium übergehenden Lichtwellen, oder dass die Schallstrahlen, welche gegen die Gränzfläche der beiden Medien schief gerichtet sind, ebenso zum oder vom Einfallslothe gebrochen werden müfsten, wie die Lichtstrahlen. Es kam mir, um hierüber zu einem Resultate zu gelangen, darauf an, einen linsenförmigen Körper von solcher Beschaffenheit zu construiren, dass er die auf ihn treffenden Schallstrahlen leicht aufnähme und fortpflanzte und durch Refraction nach einem Punkte hin concentrirte, wo also der Schall deutlicher wahrzunehmen seyn müfste, wie in dem Brennpunkte eines concaven Schallspiegels. Da eine Linse aus fester Substanz mir nicht geeignet schien, so kam ich auf den Gedanken, eine linsenförmige Blase aus einem dünnen Häutchen anzufertigen, welche mit einem Gase von grösserer Dichtigkeit als Luft, z. B. mit Kohlensäure, gefüllt eine convexe Schalllinse liefern sollte.

Zu dem ersten Versuche benutzte ich einen ziemlich kugelförmigen Luftballon aus Goldschlägerhaut von unge-

fähr einen Fuß Durchmesser. Nachdem ich denselben mit Kohlensäure gefüllt und frei aufgehängen hatte, befestigte ich in einer Entfernung von etwa einem Fuß von demselben an einem Stativ eine schwach tickende Taschenuhr und horchte auf der entgegengesetzten Seite des Ballons in der Richtung der Axe auf das Ticken der Uhr. So oft ich den Versuch auch anstellte, glaubte ich das Ticken der Uhr hinter dem Ballon bis in die Entfernung von mehreren Fuß in der Axe deutlicher zu vernehmen als seitwärts in gleicher oder geringerer Entfernung, doch schien mir der Unterschied noch nicht bedeutend genug, um den Versuch als einen Beweis für die Refraction des Schalls betrachten zu können und seine Bekanntschaft zu wagen. Ich strebte nun zunächst darnach, statt der Kugel eine membranöse convexe Linse zu erhalten, und brachte endlich eine solche aus Postpapier zu Stande; doch erlangte ich mit derselben keinen Erfolg, wahrscheinlich, weil die beiden sphärischen Papierflächen noch zu steif waren, als dass sie die durch das Ticken der Uhr erzeugten schwachen Schallwellen aufgenommen hätten.

Ich ließ nun, anderweitig beschäftigt, diesen Versuch auf sich beruhen, bis es mir nach der Erfindung des Collodium durch die Gefälligkeit des Hrn. Apothekers Müller in Breslau, welcher in der Anfertigung von Collodium-Ballons eine ausgezeichnete Geschicklichkeit besitzt, möglich wurde, eine große Schalllinse zu construiren, welche zu dem beabsichtigten Versuche geeignet war. Hr. Müller fertigte dazu einen riesigen Collodium-Ballon an. Aus demselben wurden zwei Segmente ausgeschnitten und über die beiden offnen Seiten eines cylindrischen Blechreifs gebunden, so dass der auf diese Weise erhaltene linsenförmige Körper, wenn er aufgeblasen ist, aus einem niedrigen Cylinder und zwei auf beiden Seiten angesetzten Kugelabschnitten besteht. Der Blechreif hat einen Durchmesser von  $11\frac{1}{3}$  Pariser Zoll und eine Breite von  $2\frac{1}{4}$ ", und von den beiden Kugelsegmenten hat das eine eine Höhe von 2" 1",5 das andere von 2" 2",5.

Um diesen Apparat bequem aufstellen zu können, sind an zwei diametral entgegengesetzten Stellen des Blechreifs zwei Blechröhren stumpf angelöthet, welche als Axen dienen und auf den zwei Säulen eines hölzernen Gestelles ruhen, so dass die Linse um eine horizontale Axe gedreht und deshalb leicht senkrecht oder horizontal eingestellt werden kann. Es kann die Linse durch Verlängerung oder Verkürzung der beiden hölzernen Säulen auch höher oder niedriger gestellt werden. In Fig. 10 Taf. I. ist die Linse mit dem Gestelle abgebildet. Bei *D* und *E* sind noch zwei offene Blechröhren an dem Blechreif gelöthet, welche zum Füllen der Linse dienen. Ich fülle dieselbe von unten, indem ich das Rohr *D* mittelst eines elastischen Rohrs mit dem Kohlensäure-Entwicklungsapparate verbinde, und die Luft durch die obere Oeffnung *E* austreten lasse. Ist die Linse vollständig ausgebläht und die Luft durch die Kohlensäure ausgetrieben, so wird nach der Ablösung des elastischen Rohrs zuerst die untere Oeffnung *D* mit einem gut schliessenden Ppropfen geschlossen und darauf die obere Oeffnung *E* dicht verstopft.

Die Beobachtungen wurden, da mir kein ruhiger Ort im Freien zu Gebote stand, im Zimmer angestellt. Zuerst beobachtete ich die Schallwellen, welche durch das Ticken einer Taschenuhr erzeugt wurden. Die Uhr war in gleicher Höhe mit dem Mittelpunkte der senkrecht aufgestellten Linse in verschiedener Entfernung von derselben an einem besonderen Gestelle aufgehängt, so dass die von ihr ausgehenden in der Luft sich ausbreitenden Schallwellen die der Uhr zugekehrte membranöse Fläche der Linse trafen und erschütterten, dadurch in die Kohlensäure fortgepflanzt wurden, die andere membranöse Fläche in Bewegung setzten und dann auf der anderen Seite wieder in die Luft übergingen. Es zeigte sich bei dem oft wiederholten Versuche, dass das Ticken der Uhr jenseits der Linse in der Axe bis in eine von der Stellung der Uhr abhängige Entfernung deutlich zu hören war, während es außerhalb der Axe in gleicher und auch geringerer Ent-

fernung weniger deutlich oder auch gar nicht vernommen wurde. Ich habe mich, weil bei solchen Versuchen ein subjectiver Irrthum leicht eintritt, nicht bloß auf mein eigenes Ohr verlassen, sondern den Versuch dem Urtheil Anderer unterworfen, welche alle die Richtigkeit der Erscheinung außer Zweifel fanden, und ich kann mich auf das Zeugniß zuverlässiger Beobachter wie Bunsen, Duflos, Frankenheim, Gebauer, Kirchhof, welche meinen Versuchen beizuwohnen die Güte hatten, berufen. Um zu einer sicheren Entscheidung zu gelangen, wurde der Versuch auch auf die Weise angestellt, daß, während der Beobachter jenseits der Linse mit geschlossenen Augen saß und auf das Ticken der Uhr lauschte, die Linse abwechselnd entfernt und wieder an ihren Ort gebracht wurde. Hierbei zeigte sich, daß das Ticken der Uhr jedesmal nach dem Entfernen der Linse verschwand und sogleich wieder hörbar wurde, wenn die Linse wieder zwischen Uhr und Ohr eingeschoben war. Auch wenn man die Hand vor die Uhr hielt, um die directen Schallwellen von der Linse abzuhalten, hörte der Beobachter das Ticken nicht, nahm dasselbe aber sogleich wieder wahr, wenn die Hand entfernt wurde.

Es wäre mir sehr interessant gewesen, die Vereinigungsweite der durch die Linse hindurchgegangenen und durch Brechung convergent gewordenen Schallstrahlen für verschiedene Entfernungen der als Schallquelle gebrauchten Uhr zu bestimmen. Zu dieser Beobachtung ist jedoch das Ohr nicht geeignet und ich habe mich fast nie sicher darüber entscheiden können, in welcher Entfernung von der Linse das Ticken der Uhr am stärksten war. Die mehr oder weniger gespannte Aufmerksamkeit oder die Ermüdung des Beobachters, der ungleichmäßige Gang der Uhr und der Unstand, daß in der Umgebung nicht immer dieselbe Ruhe herrscht, führen bei dieser Beobachtungsweise fortwährend zu Täuschungen. Ich erlaube mir daher für jetzt nur im Allgemeinen anzugeben, daß die Stelle, wo das Ticken der Uhr am deutlichsten zu seyn schien, sich von der

Linse entfernte, wenn die Uhr derselben genähert wurde und umgekehrt, und füge bloß eine Beobachtungsreihe bei, in welcher ich zu bestimmen versuchte, bis in welche Entfernung hinter der Linse das Ticken noch vernommen werden konnte, wenn die Uhr in verschiedener Entfernung aufgehängt wurde.

| Entfernung der Uhr vom<br>Mittelpunkte der Linse. | Entfernung des Ohrs von dem<br>Mittelpunkte der Linse. |
|---|--|
| 8"  | 10'  |
| 1'  | 10'  |
| 1' 3"   | 9'   |
| 1' 6"   | 8'   |
| 2'  | 6'   |
| 2' 9"   | 4'   |
| 3'  | 3'   |
| 3' 6"   | 2'   |
| 4'  | 2'   |
| 5'  | 2'.  |

Bei den beiden letzten Beobachtungen war die Schalllinse durch Entweichen von Kohlensäure etwas schlaff geworden und wurde durch Einblasen von Luft wieder vollständig aufgebläht. Daher ist die Brechung hier schwächer als bei den vorhergehenden Beobachtungen. Ich bemerke noch, dass, wenn die Uhr der Linse nahe gerückt war, so dass ihre Entfernung etwa nur 1 bis 2 Fuss betrug, das Ticken der Uhr auch unmittelbar hinter der Linse und von da ab in der Richtung der Axe überall bis zu der angegebenen Entfernung vernehmlich war. Wurde dagegen die Uhr weiter, etwa 4 bis 5 Fuss von der Linse entfernt, so konnte ich unmittelbar an der Linse das Ticken nicht wahrnehmen, hörte dasselbe jedoch deutlich, wenn ich das Ohr 1 bis 2 Fuss von der Linse entfernte. Am stärksten vernahm ich in den vier letzten Beobachtungen das Ticken, wenn sich das Ohr in einer Entfernung von 1' 3" von dem Mittelpunkte der Linse befand.

Die Vereinigungsweite meiner mit Kohlensäure gefüllten Collodiumlinse für sie treffende parallele Schallstrahlen

oder ihre Brennweite ließ sich aus dem oben angegebenen Grunde noch nicht genau ermitteln; doch dürfte dieselbe nach den bis jetzt angestellten Versuchen nicht viel über einen Fuß betragen. Hierach müßte der Brechungsexponent für den Schall beim Uebergange desselben aus atmosphärischer Luft in Kohlensäure etwas größer seyn als das Verhältniss der Geschwindigkeit des Schalls in diesen beiden Medien. Nimmt man nämlich nach den Versuchen von Dulong die Geschwindigkeit des Schalls in der Luft gleich 333 Meter, in Kohlensäure gleich 261,6 Meter an und betrachtet das Verhältniss derselben  $n=1,272$  als den Brechungsexponenten der Kohlensäurelinse, so ergiebt sich, da die beiden sphärischen Collodium-Häutchen einen Radius von ungefähr 8",5 haben, nach der bekannten für die Brennweite von Gläslinsen gültigen Formel:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right)$$

für die Vereinigungsweite der durch meine Schalllinse gebrochenen parallelen Schallstrahlen

$$f = 15",6,$$

welcher Werth zu groß ist. Nimmt man aber das Brechungsverhältnis  $n=\frac{4}{3}$  oder 1,333 an, so ergiebt sich

$$f = 12",7,$$

welcher Werth mit den Versuchen übereinstimmt.

Ich erlaube mir schließlich noch ein Paar andere Versuche zu erwähnen, welche ich mit der Schalllinse angestellt habe. Auch Worte und ganze Sätze, welche von einer auf der einen Seite der Linse stehenden Person nach der Linse hin leise gesprochen werden, werden auf der andern Seite von einem zweiten Beobachter, welcher sein Ohr in zweckmäßiger Entfernung in der Axe hält, deutlich verstanden, so daß zwischen diesen beiden Personen eine Unterhaltung geführt werden kann, welche von den Umstehenden wenig oder gar nicht verstanden wird. Ich habe ferner auch Versuche mit intensiveren Schallwellen angestellt, welche ebenfalls durch die Linse gebrochen und convergent gemacht werden. Es wurde an die Stelle der

Uhr eine kleine Orgelpfeife gebracht, angeblasen und ihr Ton hinter der Linse beobachtet. Obgleich die an den Wänden des Zimmers sich reflectirenden Schallwellen, welche das Ohr des Beobachters ebenfalls treffen, bei diesem Versuche störend einwirkten, so zeigte sich doch entschieden, daß der Ton der Pfeife hinter der Linse viel stärker war. Das Ohr des Beobachters empfand jedesmal, wenn es in die Axe gebracht wurde, einen förmlichen Stoß. Der Ton der Pfeife erleidet übrigens beim Hindurchgange durch die Linse in Beziehung auf Höhe und Charakter eine kleine Aenderung.

#### Späterer Zusatz.

In Beziehung auf diese Versuche über die Refraction des Schalles erlaube ich mir noch mitzutheilen, daß ich dieselbe nachträglich noch auf eine objective Weise, nämlich durch Erzittern einer zarten Membrane constatirt habe. Ich benutzte als Schallquelle eine Orgelpfeife und ließ die durch die Schalllinse gebrochenen und concentrirten Schallwellen an dem Orte ihrer Vereinigung auf das Blechrohr *abcde* wirken (Fig. 11. Taf. I.) Dieselben dringen in die erweiterte Öffnung *cd* ein und erschüttern die über *ab* gebundene zarte Membran, wie aus der Bewegung an darauf gestreuten feinem Sande ersichtlich ist.

---

#### VI. Ueber den Einfluss der Bewegung auf die Intensität des Schalles; von Dr. E. Segnitz.

---

An die interessanten Untersuchungen über den Einfluss, welchen die Bewegung der Tonquelle oder des Beobachters auf die Höhe der Töne ausübt, hat Hr. Prof. Doppler vor einiger Zeit eine weitere Untersuchung über die Wirkung derselben Ursache in Bezug auf die Intensität

der

der Töne geknüpft. Gegen die von ihm für diese Intensität aufgestellte Formel, nämlich

$$J = \frac{(v \pm b)^2}{L^2}$$

worin  $v$  die größte Geschwindigkeit des schwingenden Moleküls,  $b$  die Geschwindigkeit der Tonquelle, und  $L$  die Entfernung derselben vom Beobachter bezeichnen soll, ist schon von dem der Wissenschaft nur zu früh entrissenen Seebeck (d. J.) der Einwand erhoben worden, dass hier-nach selbst für  $v=0$  die Intensität  $J$  nicht verschwinden würde. Dieser Einwurf scheint in der That begründet, und ich muss gestehen, dass das, was Hr. Prof. Doppler in diesen Annalen (Bd. LXXXIV., S. 262 u. f.) zur Vertheidigung seiner Formel anführt, nicht im Stande gewesen ist, mich eines Anderen zu überzeugen. Ich glaube vielmehr, dass der Gegenstand in der nachstehenden Weise zu erklären ist.

Ich unterscheide zunächst folgende drei einfache Fälle, aus deren Combinationen sich dann leicht alle überhaupt vorkommenden Fälle ergeben, nämlich:

- 1) Die Tonquelle ist in Bewegung, der Beobachter und die Luft in Ruhe;
- 2) Der Beobachter bewegt sich, die Tonquelle und Luft ruhen; und
- 3) Tonquelle und Beobachter behalten ihren Ort unverändert bei, aber das Medium der Luft ist in einer horizontalen Strömung von bekannter Richtung und Geschwindigkeit begriffen.

Hr. Professor Doppler führt selbst die Verstärkung und Schwächung des Schalles durch den Wind als eine bekannte Thatsache zur Bestätigung für seine Behauptung an; wir wollen daher mit dem letzteren Falle beginnen.

Es sey  $A$  der Ort der ruhenden — d. h. der nur in schwingender, aber nicht in fortschreitender Bewegung begriffenen — Schallquelle, und  $B$  der Ort, an welchem sich der Beobachter befindet. Wenn nun der Mittelpunkt der in  $A$  erregten Schallwelle, ehe sie das Ohr des Beobach-

ters in  $B$  erreicht, in Folge der angenommenen Luftströmung bis  $C$  fortgerückt ist, so haben wir ein Dreieck  $ABC$ , in welchem die Seite  $AB=c$ , d. d. die Entfernung des Beobachters von der Schallquelle, sowie der Winkel  $A$  als bekannt vorausgesetzt werden; von den Seiten  $AC=b$  und  $BC=a$  wissen wir dagegen, dass sie sich wie die Geschwindigkeit des Windes zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles verhalten; dieses Verhältnis wollen wir durch  $u$  bezeichnen. Nehmen wir endlich an, dass die Intensität des Schalles unter übrigens gleichen Umständen der zweiten Potenz von dem Radius der Schallwelle umgekehrt proportional ist, und nennen die Intensität des Tones oder Schalles bei ruhender Luft  $i$  und die bei bewegter Luft  $J$ , so haben wir zur Lösung unserer Aufgabe die drei Bedingungsgleichungen:

$$\text{I. } a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos A$$

$$\text{II. } b = u \cdot a$$

$$\text{III. } J = \frac{c^2}{a^2} \cdot i$$

woraus sich

$$J = \left( \frac{1-u^2}{\sqrt{1-u^2+u^2 \cdot \cos^2 A - u \cos A}} \right)^2 \cdot i$$

ergibt. Einfacher gestaltet sich die Formel in gewissen speziellen Fällen. Ist nämlich  $A=0$  d. i. weht der Wind von der Schallquelle direct dem Beobachter zu, so hat man  $\cos A=+1$ , folglich:

$$J = \left( \frac{1-u^2}{1-u} \right)^2 \cdot i = (1+u)^2 \cdot i.$$

Ist der Winkel  $A=\pi$  d. i. weht der Wind in genau entgegengesetzter Richtung, so wird  $\cos A=-1$  und

$$J_i = \left( \frac{1-u^2}{1+u} \right)^2 \cdot i = (1-u^2) \cdot i.$$

Für  $A=\frac{1}{2}\pi$  wird  $\cos A=0$ , also:

$$J_u = \left( \frac{1-u^2}{\sqrt{1-u^2}} \right)^2 \cdot i = (1-u^2) \cdot i.$$

Für  $\cos A = \frac{1}{2}u$  endlich erhält man:

$$J_u = \left( \frac{1-u^2}{\sqrt{1-u^2 + \frac{1}{4}u^4 - \frac{1}{2}u^2}} \right)^2 \cdot i = i.$$

Die Bewegung des Beobachters wird nach dieser Anschauungsweise gar keinen Einfluss auf die Intensität des Schalles haben; sondern derselbe wird letzteren gerade so stark oder schwach hören, als es seiner augenblicklichen Entfernung von dem Mittelpunkte der Schallwelle entspricht, welcher Mittelpunkt bei ruhender Luft und Tonquelle natürlich mit dem Ort der letzteren zusammenfällt. Die Bewegung der Tonquelle wird aber allerdings nicht ohne Einfluss auf die Intensität des Schalles bleiben. Nehmen wir an, die Tonquelle habe sich, ehe die in  $C$  erregte Schallwelle das Ohr des Beobachters in  $B$  erreicht, von  $C$  nach  $A$  mit einer Geschwindigkeit bewegt, deren Verhältnis zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles gleich  $u$  sey, und nennen wir die der Entfernung  $AB=c$  entsprechende Intensität des Schalles  $i$ , die wirklich gehörte Intensität aber  $J$ , so wird die oben gefundene Formel auch für diesen Fall passen. Eine Bewegung der Tonquelle und der Luft von gleicher Geschwindigkeit, aber entgegengesetzten Richtungen bringen also in Bezug auf die vorliegende Frage gleiche Wirkungen hervor.

Sind ferner sowohl die Tonquelle als auch die Luft in Bewegung, der Beobachter aber in Ruhe, so haben wir uns zuvörderst den Mittelpunkt der Schallwelle sich gleichschnell wie die Tonquelle, aber in entgegengesetzter Richtung bewegend zu denken. Dazu kommt noch die Bewegung der Luftströmung und die Resultirende beider ist dann die Seite  $b$  unseres Dreiecks  $ABC$ . Bezeichnen wir das Verhältnis dieser Seite  $b$  zu dem in derselben Zeit-einheit zurückgelegten Wege des Schalles durch  $u$ , sowie den von der Resultirenden  $b$  mit der Linie  $AB=c$ , welche den Beobachter mit dem augenblicklichen Ort der Schallquelle verbindet, eingeschlossenen Winkel durch  $A$ , und die der Entfernung  $c$  entsprechende Intensität durch  $i$ , so

wird die wirklich gehörte Intensität auch hier wieder durch die Formel

$$J = \left( \frac{1-u^2}{\sqrt{1-u^2+u^2 \cdot \cos^2 A - u \cdot \cos A}} \right)^2 \cdot i$$

ausgedrückt. Da endlich, wie gesagt, die Bewegung des Beobachters ohne Einfluss ist, so findet hiermit der allgemeinste Fall, wo nämlich sowohl die Tonquelle als auch der Beobachter und die Luft in Bewegung begriffen sind, ebenfalls seine Lösung.

## VII. Untersuchungen über thermo-elektrische Ströme; von Rudolph Franz.

Bevor ich zu den Resultaten meiner weiteren Untersuchungen über thermo-elektrische Ströme übergehe, muss ich auf zwei Punkte meiner letzten Arbeit<sup>1)</sup> über denselben Gegenstand noch einmal zurückkommen.

Ein regelmässiger Wismuthkrystall zeigte bei der Erwärmung der einen Kante, die gegen die Ebene der Spaltungsrichtung des Krystals schiefwinklig geneigt ist, einen Strom, der positiv oder negativ war, je nachdem man die eine Kante oder die gegenüberstehende erwärmt; abhängig also von der Neigung der Hauptspaltungsebene gegen die erwärmte Stelle des Krystals; bei Erwärmung der beiden anderen Kanten, gegen die die Hauptspaltungsebene annähernd senkrecht steht, fand kein Strom statt. Die Ströme müssen sich also vollkommen aufheben, wenn der Krystall an allen vier Kanten gleichmässig erwärmt wird. Um diese gleichmässige Erwärmung zu bewirken, verband ich die dicken Kupferdrähte eines Grove'schen Elements mit einem feinen Draht, der durch den Strom zum schwachen Glühen gebracht wurde, und legte diesen Draht um einen mit ei-

1) Ann. Bd. 83, 374.

nem Seidenband einfach umwickelten Wismuthkristall. Bei Schließung des Grove'schen Elements zeigte sich, bei großer Unruhe der Nadeln, und kleinen schnellen Schwankungen um den Nullpunkt, kein Strom von entschiedener Richtung; sobald aber der feine Draht von der einen Kante des Wismuthkristalls ein wenig gehoben wurde, schlugen die Nadeln des Multiplicators nach der einen oder der anderen Seite um 40 bis 60 Grad aus, und zwar jedesmal nach der Richtung hin, die die gegenüberliegende, also stärker erwärmte, Kante den früheren Untersuchungen nach bedingte.

Der zweite Punkt, auf den ich zurückkommen muß, betrifft die auf S. 383 angegebene Spannungsreihe. Der Bleiwürfel nahm bei einigen Wochen später angestellten Versuchen die Stellung zwischen Zinn und Kupfer ein. Ich suchte den Grund in der starken Oxydschicht, die sich beim Blei, wegen der häufigen Erwärmung und Berührung um so leichter, bildete, aber später untersuchte Würfel von reinem Blei, die gleich nachdem sie geschnitten waren denselben Experimente unterworfen wurden, nahmen ihre Stellung, ehe eine Spur von Oxyd zu bemerken war, so gleich zwischen Zinn und Kupfer, so daß der Grund der anfänglich falschen Stellung des Bleis wohl nur in der Unreinheit des zu jenem ersten Würfel genommenen Metalls, und somit in der Bildung fremder Oxydschichten, die später verschwanden, zu suchen ist.

Die folgenden Untersuchungen sind den früheren analog angestellt, nur daß der erwärmende Glasstab im Sandbade bis zu 200 bezüglich 300° C. über die Temperatur des Zimmers erwärmt wurde. Es ergab sich bis zu der Höhe der Erwärmung von 300° noch keine Veränderung in der Stellung der untersuchten Metalle für die thermo-elektrische Spannungsreihe, wohl aber in der Größe der Ströme.

Bei erhöhter Erwärmung nahm der Strom am bedeutendsten zu zwischen Neusilber und den übrigen Metallen. So betrug die Ablenkung der Nadeln:

|                              |          |                |
|------------------------------|----------|----------------|
| zwischen Neusilber u. Zinn   | bei 100° | Erwärmung 7°,2 |
|                              | bei 200  | " 12           |
|                              | bei 300  | " 17           |
| zwischen Neusilber u. Kupfer | bei 100  | " 8            |
|                              | bei 200  | " 13           |
|                              | bei 300  | " 16           |
| zwischen Neusilber u. Eisen  | bei 100  | " 9            |
|                              | bei 200  | " 13           |
|                              | bei 300  | " 16.          |

Ebenso stieg der Strom zwischen Neusilber und Silber bis auf 16° Ablenkung. Bei den übrigen Metallen zeigten die Nadeln bei erhöhter Erwärmung eine unbedeutendere Vermehrung des Stroms; eine Abnahme desselben zeigte sich nirgends.

Die Grösse des Stroms bei Erwärmung der Verbindungsline zwischen Wismuth oder Antimon und irgend einem der untersuchten Metalle war mit der Erhöhung der Erwärmung stets im Wachsen begriffen, und zwar stellten sich als arithmetische Mittel von 16 Beobachtungen, von denen 8 bei aequatorialer Lage der Hauptspaltungsebene des Wismuthwürfels, 8 bei axialer Lage derselben ange stellt wurden, folgende Zahlen für die Ablenkung der Multiplicatornadel heraus<sup>1)</sup>:

| In Berührung mit Wismuth: | In Berührung mit Antimon: |
|---------------------------|---------------------------|
| Stahl 16°                 | Stahl 14°,8               |
| Eisen 21,9                | Eisen 17,2                |
| Blei 23,8                 | Blei 18,25                |
| Zink 29,4                 | Zink 20,1                 |
| Neusilber 41,5            | Kupfer 22                 |
| Silber 41,8               | Messing 26,3              |
| Kupfer 46,7               | Silber 31,4               |
| Messing 48,8              | Neusilber 37,6            |
| Zinn 61,9                 | Zinn 38,1                 |
|                           | Wismuth 76,3.             |

1) Auch hier, wie bei den früheren Versuchen, war der Strom von Wismuth zu einem anderen Metall stets grösser, wenn die Spaltungsebene des Wismuthwürfels sich in einer zur Richtung des Stroms aequatorialen Lage befand, als in der axialen; und umgekehrt war der Strom von einem anderen Metall zum Antimon stets geringer, wenn der Antimonwürfel mit seiner Hauptspaltungsebene zur Richtung des Stroms aequatorial, als wenn er axial gestellt wurde.

Wismuth mit Wismuth gab, bei senkrechter Stellung der Spaltungsrichtungen auf einander, einen Strom von  $59^{\circ},5$  Ablenkung; Antimon mit Antimon unter denselben Bedingungen  $27^{\circ},2$  Ablenkung.

Auch diese Reihen stimmen mit den bei  $100^{\circ}$  Erwärmung gefundenen überein, nur dass wir dort für die Grössen des Stroms in Verbindung mit Wismuth die Reihenfolge: Messing (29,5), Neusilber (30), Silber (31,7), Kupfer (32,5) gefunden hatten, eine Stellung, deren Verschiedenheit mit der obigen, bei dem geringen Stromunterschied, wohl nur Beobachtungsfehlern zuzuschreiben ist, besonders da für diese vier Metalle die folgende Reihe uns wieder eine andere Folge, aber auch nicht entschieden maßgebende Zahlenverhältnisse gibt.

Bei Erwärmung des Glasstabes in dem Sandbade von  $300^{\circ}$  C. ergeben sich als Mittel aus 16 wie oben angestellten Beobachtungen folgende Ablenkungen:

| In Berührung mit Wismuth: |                | In Berührung mit Antimon: |                 |
|---------------------------|----------------|---------------------------|-----------------|
| Stahl                     | $16^{\circ},5$ | Stahl                     | $20^{\circ},25$ |
| Eisen                     | $29^{\circ},2$ | Eisen                     | $24^{\circ},57$ |
| Blei                      | $30^{\circ},2$ | Blei                      | $25$            |
| Zink                      | $41$           | Zink                      | $25^{\circ},8$  |
| Kupfer                    | $49^{\circ},1$ | Kupfer                    | $30^{\circ},25$ |
| Neusilber                 | $49^{\circ},5$ | Messing                   | $35^{\circ},5$  |
| Silber                    | $52^{\circ},5$ | Silber                    | $40^{\circ},7$  |
| Messing                   | $53^{\circ},6$ | Neusilber                 | $48^{\circ},5$  |
| Zinn                      | $63^{\circ},5$ | Zinn                      | $52^{\circ},9$  |
|                           |                | Wismuth                   | $99^{\circ},5$  |

Die beiden Wismuthwürfel gaben bei der günstigsten Stellung, also bei der axialen Lage des einen und der aequatorialen des anderen, einen Ausschlag von  $84^{\circ}$ , die Antimonwürfel unter derselben Bedingung  $39^{\circ},8$ .

Bei allen diesen Beobachtungen wurde der erste Ausschlag der Nadeln aufgezeichnet.

Vergleichen wir nun diese Stromstärken für die verschieden hohen Grade der Erwärmung mit einander, so finden wir für die Erwärmung der Verbindungslien zwischen

Wismuth und Antimon und irgend einem anderen Metall stets mit einer höheren Wärme eine Vermehrung des Stromes verbunden. Das anfangs schnellere Wachsen einzelner dieser Thermoströme (z. B. zwischen Wismuth und Stahl) scheint darauf hinzudeuten, daß zwischen diesen Metallen nicht weit von der Erwärmung bis auf  $300^{\circ}$  ein Maximum der Stromstärke eintrete. Das Flüssigwerden des Wismuths gestattet leider nicht, mit derselben Genauigkeit die Versuche unter höherer Temperatur fortzusetzen. Am entferntesten, scheint es, sind wir vom Maximum des Stroms bei der Erwärmung auf  $300^{\circ}$  entfernt zwischen Wismuth und Silber, Wismuth, Antimon, Antimon und Zinn; während Wismuth und Kupfer, Wismuth und Zinn ihr Maximum in der Gegend von  $300^{\circ}$  haben müssen, da zwischen den letztgenannten beiden Metallen die Ablenkung der Nadeln bei Erhöhung der Temperatur um  $100^{\circ}$  nur um  $2^{\circ}$  zunimmt<sup>1)</sup>.

Diejenigen Metalle, deren hochliegender Schmelzpunkt es gestattet, die Erwärmung weiter fortzusetzen, wurden unter der Löthrohrflamme untersucht. Die Verbindungsline zweier zu untersuchenden Würfel wurde von der darüber hinreichenden Flamme etwa eine Minute lang tangiert, und das während dieser Zeit drei- bis viermal erreichte Maximum des Ausschlags der Multiplicatornadeln aufgezeichnet. Es zeigte sich bis zu dieser Höhe der Erwärmung keine Spur von einer Umkehrung des Stromes. Die erhaltenen Maxima des Stromes waren bei den untersuchten Metallen, wenn die Richtung des positiven Stromes an der Berührungsstelle durch die Reihenfolge der Metalle ausgedrückt wird, folgende:

- 1) Ich habe die Höhe der Erwärmung des Sandbades hier immer als die der Berührungsstelle angegeben; ein geringer Theil der Wärme ist natürlich auf dem Wege des Glasstabes vom Sandbad zu dem Würfel verloren gegangen.

|                  |                |               |                |               |               |
|------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| <b>Neusilber</b> | <b>Messing</b> | <b>47°,7</b>  | <b>Messing</b> | <b>Kupfer</b> | <b>14°,8</b>  |
| "                | <b>Kupfer</b>  | <b>50 ,3</b>  | "              | <b>Silber</b> | <b>20 ,1</b>  |
| "                | <b>Silber</b>  | <b>59 ,6</b>  | "              | <b>Stahl</b>  | <b>32</b>     |
| "                | <b>Stahl</b>   | <b>47 ,25</b> | "              | <b>Eisen</b>  | <b>36</b>     |
| "                | <b>Eisen</b>   | <b>53</b>     |                |               |               |
| <b>Kupfer</b>    | <b>Silber</b>  | <b>6 ,7</b>   | <b>Silber</b>  | <b>Stahl</b>  | <b>20 ,6</b>  |
| "                | <b>Stahl</b>   | <b>25</b>     | "              | <b>Eisen</b>  | <b>39 ,7</b>  |
| "                | <b>Eisen</b>   | <b>34 ,4</b>  | <b>Stahl</b>   | <b>Eisen</b>  | <b>18 ,8.</b> |

Diese sind die arithmetischen Mittel aus 6 bis 9 wenig von einander abweichenden Beobachtungen. Zu bemerken ist noch, dass die Würfel vor jedem Versuch vollständig von jeder Oxydschicht, die sich gebildet hatte, befreit wurden, und dass für jeden folgenden Versuch die vollständige Abkühlung der zu untersuchenden Würfel abgewartet wurde.

Die Umkehrung des Thermostroms, die bei erhöhter Temperatur zuweilen beobachtet worden ist, hat ihren Grund daher nur (wie auch die meisten Beobachter diese Umkehrung vermuteten) in der Oxydschicht mit der sich die Metalle bei höherer Temperatur um so leichter überziehen. Man kann aber nicht ohne Weiteres sagen, dass der Thermostrom bei Erwärmung der Verbindungsleitung, etwa zwischen Kupfer und oxydiertem Eisen, stets von oxydiertem Eisen zum Kupfer gehe, sondern diese Umkehrung des Stromes findet nur unter bestimmten Bedingungen statt.

Es mögen hier zuerst einige Resultate folgen, die aus den angestellten Versuchen hervorgingen, ehe wir uns auf eine Erklärung der Umkehrung des Stromes einlassen.

Eisen zeigt in Berührung mit anderen Metallen am Auffallendsten diese Umkehrung. Reines Eisenoxyd, das in ein Glasröhrchen geprefst, mit hineingesteckten Drähten anderer Metalls in Berührung gebracht und dann einseitig erwärmt wurde, gab gar keinen Strom, weil die Leistungsfähigkeit des Oxyds zu gering ist; ebenso durfte nicht Draht mit starker Oxydschicht zu den Versuchen angewendet werden, denn auch diese hemmt, sobald sie nur

eine etwas bedeutende Dicke hat, den Strom vollkommen. Es wurden daher nur angelaufene, also mit einer dünnen Eisenoxyduloxyschicht bedeckte, Stahl- und Eisendrähte zu den Versuchen genommen.

Es ist schon früher von Anderen angegeben worden, dass eine Umkehrung des Stromes namentlich bei Eisen und Kupfer bemerkbar sey. Der positive Strom geht nun allerdings vom oxydierten Eisen an der Berührungsstelle zum Kupfer für den Fall, dass das Kupfer, ehe es mit dem Eisen in Berührung kommt, erwärmt wird. Wird hingegen das oxydierte Eisen vorher erwärmt, so bleibt der Strom in seiner alten Richtung vom Kupfer zum Eisen. Ebenso wie Kupfer verhalten sich Messing, Gold, Silber, Blei, Zinn, Zink, Platin, Neusilber. Der Strom bleibt aber stets vom Wismuth zum Eisen oder Eisenoxyd gerichtet, man mag das Eisen oder Wismuth zuerst erwärmen. Ebenso geht der positive Strom unter allen angegebenen verschiedenen Bedingungen stets vom Eisen zum Antimon. Nur waren die Ströme zwischen dem oxydierten Eisen und den letztgenannten zwei Metallen schwächer, als wenn das Eisen von seiner Oxydschicht befreit war.

Stahl zeigte genau dieselben Eigenthümlichkeiten wie Eisen. Die genannte Umkehrung des Stroms beginnt bei verschiedenen Metallen auch bei verschiedener Dicke der Oxyduloxyschicht. Das erwärmte Kupfer zeigt den Strom, wenn auch nur schwach, schon, wenn man es mit tiefgelb angelaufenem Stahl in Berührung bringt. Silber zeigt die Umkehrung erst bei blau, Neusilber bei tiefblau angelaufenem Stahl, Platin noch später, ebenso Zinn. Es bedarf nur der Erwärmung des Kupfers durch die Hand, um diese Umkehrung des Stroms sichtbar zu machen.

Zwischen Stahl und Eisen, Stahl und Stahl, Eisen und Eisen geht der Strom stets an der Berührungsstelle zu dem wärmeren Metall, wenn dasselbe oxydiert ist; ist es nicht oxydiert, so verhalten sich die Ströme wie sie früher angegeben sind, nämlich: Stahl zu Eisen. Zwischen den verschiedenen Stahlarten unter einander, die benutzt wurden,

zeigte sich, wie auch bei den Eisenarten, im nicht oxydirtten Zustande eine grosse Mannigfaltigkeit der Stromrichtung. Hierüber siehe die Abhandlung von Magnus über thermo-elektrische Ströme in d. Ann. Bd. 83, S. 469.

Um die durch die Oxydschicht bewirkte Umkehrung des Stroms, in den Fällen wo sie stattfindet, zu erklären, bedarf es nur einer einfachen Annahme. Denken wir uns nämlich das Eiseoxyduloxyd, das den angelaufenen Stahl- und Eisendraht überzieht, als einen Körper, der in der thermo-elektrischen Spannungsreihe gleich auf Wismuth folgt, so muss natürlicherweise in jedem erwärmt angefahrenen Eisendraht ein Strom entstehen, der vom Eiseoxyduloxyd zum Eisen geht. Der mit dem angelaufenen warmen Eisendraht in Berührung gebrachte Kupferdraht ist nun nur der Leiter dieses genannten Stroms; der an der Berührungsstelle von Eiseoxyduloxyd und Kupfer erregte Strom ist zwar entgegengesetzt gerichtet, wegen der Kleinheit der Berührungsfläche zwischen Kupfer- und Eisendraht, aber zu gering, um den an der ganzen Oberfläche des Eisendrahts erzeugten aufzuheben. Wird hingegen der Kupferdraht (oder Draht von irgend einem anderen der oben genannten Metalle) erwärmt, und dem kalten angefahrenen Eisen genähert, so überwiegt der zwischen Eiseoxyduloxyd und Kupfer erregte Thermostrom, denn nur ein, im Vergleich zum vorigen Versuch, geringer Theil der Berührungsfläche zwischen Eiseoxyduloxyd und Kupfer wird erwärmt. Es erscheint also der Ausschlag der Nadeln am Multiplicator als eine resultirende Wirkung von zwei einander entgegengesetzten Strömen; das Resultat ist im letzten Falle ein scheinbar vom Eisen zum Kupfer gerichteter Strom.

Die Eiseoxyduloxyschicht muss aber eine gewisse Dicke haben, um diesen Strom erzeugen zu können; ist sie so dünn, wie an den gelbangelaufenen Stellen, so erregt sie diesen Strom nicht, oder doch nur einen so geringen, daß die beiden von ihr mit Eisen und dem sie berührenden andern Metall erzeugten Ströme sich aufheben.

Die Erscheinungen zwischen zwei Eisendrähten, deren einer angelaufen ist, erklären sich aus der gemachten Annahme ebenso leicht: wir sahen den Strom stets zu dem warmen angelaufenen Draht gerichtet, d. h. es wurde der in dem angelaufenen warmen Draht erzeugte Strom sichtbar, und der genäherte kalte Draht bildete nun den Leiter dieses Stroms.

Auf die von Magnus in der oben genannten Abhandlung §. 22 erwähnte Weise lässt sich dieser Strom vom Oxyd zum Eisen nicht sichtbar machen, weil die Oxydschicht selbst einen zu schlechten Leiter für den Strom bildet. Ich erhielt dadurch, dass ich einen bis zur Mitte oxydierten Eisendraht, dessen beide Enden mit den Drähten des Multiplicators verbunden waren, in der Mitte erwärmt, gar keinen Strom.

Bedeutend schwächer, als zwischen Eisen und der genannten Metallen, findet auch eine Umkehrung des Stromes statt, wenn man angelaufenen erwärmten Kupferdraht mit Zinn in Berührung bringt. Der positive Strom geht dann an der Berührungsstelle beider Metalle anscheinend vom Kupfer zum Zinn. Soll diese Umkehrung des gewöhnlichen Stroms auf ähnliche Weise erklärt werden, wie beim Eisen, so ist man genötigt, die Stromesrichtung vom Kupfer zum Kupferoxyd anzunehmen. In der That zeigt angelaufener warmer Kupferdraht stets einen scheinbar zu dem ihn berührenden kalten Draht desselben Metalls gerichteten Strom. Dieser Strom ist unabhängig von der Härte der beiden Drähte, also ein anderer, als die von Magnus in der erwähnten Abhandlung beobachteten und erklärten Ströme. In Berührung mit kaltem Messingdraht zeigte sich der genannte Strom ebenfalls, wurde aber von dem entgegengesetzten, vom Messing zum Kupferoxyd gehenden schon sehr geschwächt; vom kalten Neusilberdraht berührt, brachte der erwärme oxydierte Kupferdraht zuerst eine Ablenkung der Multiplicatornadeln von  $5^{\circ}$  nach der entgegengesetzten Seite hervor, dann überwog so gleich der vom Kupferoxyd zum Neusilber gerichtete Strom.

Die in der Spannungsreihe auf Kupfer folgenden Metalle hätten nur eine Umkehrung des Stromes zeigen können, wenn sie erwärmt dem oxydirtten Kupferdraht genähert würden; der Strom blieb aber stets in der früher beobachteten Richtung, woraus folgt, daß Kupferoxyd in der Spannungsreihe seine Stellung zwischen Kupfer und Silber haben muß.

Eine ähnliche Erscheinung wie beim Kupfer zeigte sich beim Kadmium, und ich bin geneigt, die von Henrici<sup>1)</sup> gemachte Beobachtung, daß zwei Kadmiumdrähte während Erhöhung der Temperatur ihrer Verbindungsstelle die Stromrichtung ändern, nur der Bildung einer feinen Oxydschicht zuzuschreiben; wenigstens fand, als ich den Versuch von Henrici wiederholen wollte, die Umkehrung des Stroms zugleich statt mit der Bildung einer Oxydschicht an einem der beiden sich berührenden Kadmiumdrähte. Eine dreimalige Umkehrung des Stroms, wie sie Henrici beschreibt, habe ich nicht beobachten können. Der Grund des ursprünglichen Stroms liegt offenbar in dem krystallinischen Gefüge des Metalls.

### *VIII. Ueber den Einfluß der Helligkeit einer weißen Beleuchtung auf die relative Intensität verschiedener Farben; von H. W. Dove.*

(Aus den Berichten der Academie, Februar 1852.)

Dafs Gelb und Roth dem Lichte näher stehen, Blau dem Dunkel, ist eine Grundanschauung, die sich durch die Farbenvorstellungen des Alterthums hindurchzieht, die sich auch in unserer Sprache durch die Bezeichnung brennendes Roth, schreiendes Gelb im Gegensatz zu tiefem Blau geltend macht. Photometrische Versuche bestätigen dies,

1) Diese Ann. Bd. 83, S. 173.

denn um auf einem Farbenkreisel ein in der Mitte stehendes Violett oder Grün zu erhalten, muß man den rothen oder gelben Ausschnitt nach Plateau's Versuchen viermal schmäler machen als den blauen. Einen noch überzeugenderen Beweis erhält man, wenn man die von Fechner schwarz auf weiß aufgetragene Spirale in den beiden Farben ausführt, deren Mischung man prüfen will. Sucht man bei der Rotation die Stelle auf, wo in dem allmäßigen Uebergang von Roth durch Violett zu Blau, oder von Blau durch Grün zu Gelb die beiden zusammenwirkenden Farben einander genau das Gleichgewicht halten, so findet man diese Stelle nie in der Mitte des Halbmessers der Scheibe, sondern stets nach der Seite des Blauen hin.

Mit diesen bekannten Erscheinungen steht eine andere scheinbar in vollkommenem Widerspruch, von der ich mich nur erinnere, daß sie indirect in der Optik zur Sprache gekommen ist. Es ist mir oft aufgefallen, daß wenn ich bei einbrechender Dunkelheit eine Gemäldegallerie verließ, und einen letzten flüchtigen Blick auf die Bilder warf, rothe Gewänder mir schon vollkommen verdunkelt erschienen, während ein blaues noch in voller Kraft der Farbe hervortrat. Ausübenden Künstlern ist in ihren Ateliers die Erscheinung vollkommen bekannt, ich habe wenigstens bei Befragen derselben stets diese Beobachtung bestätigen hören. Es schien mir wünschenswerth, zunächst die That-sache an homogenen Farben zu prüfen, um sie unabhängig von der Unbestimmtheit zu machen, welche stets bei chromatischen Versuchen mit Pigmenten obwaltert.

In den im vorigen Jahre der Academie vorgelegten Versuchen habe ich die merkwürdige Erscheinung beschrieben, daß wenn man vor das rechte Auge ein farbiges Glas hält, vor das linke ein anderfarbiges, und nun im Stereoskop die für das rechte und für das linke Auge entworfene Projection eines Körpers mit weißen Linien auf schwarzem Grund ausgeführt beobachtet, das Relief in der Mischungsfarbe erscheint, während alle Kanten aus getrennten einander der Länge nach berührenden farbigen

Linien bestehen. Bei der Anwendung eines Glases, welches die blauen homogenen Strahlen durchlässt, und eines anderen, welches dasselbe für die rothen thut, ist die Erscheinung am schönsten. Das von mir angewendete blaue Glas macht bei hellem Tage den Eindruck eines viel dunkleren, da es das rothe um mehr als das zehnfache an Dicke übertrifft. Bei zunehmender Dämmerung verschwinden aber die rothen Kanten immer mehr, zuletzt sind sie kaum noch sichtbar, doch noch soweit mitwirkend, daß das Relief erscheint. Endlich aber verschwinden sie vollständig, so daß man statt des Reliefs nur die in blauen Linien ausgeführte Projection sieht, welche der Ansicht des Auges entspricht, welches durch das blaue Glas sieht. Legt man nun zwei rothe Gläser vor die Oeffnung des Stereoskops, so sieht man gar nichts, während bei zwei blauen Gläsern das Relief deutlich in jetziger Jahreszeit noch eine Viertelstunde wahrgenommen wird. Damit ist die Thatsache selbst streng erwiesen; wie erklärt sich nun, daß die bei heller Beleuchtung hellere Farbe in der Dämmerung früher verschwindet als die weniger helle?

Bekanntlich gelangen nur unmittelbare Eindrücke auf die Sinnesorgane zu unserem Bewußtseyn; die schwächsten auf dieselben wirkenden Bewegungen werden nicht mehr einzeln empfunden, aber dann, wenn sie sich schnell gleichmäßig wiederholen. Daraus ist deutlich, warum, um vernommen zu werden, die Saiten des Contrebasses weiter schwingen müssen, als die der Violine, da bei der geringen Anzahl der Schwingungen sie energischer seyn müssen, warum wir in höherem Tone sprechen, wenn wir ohne große Anstrengung gehört werden wollen, warum, wenn die tiefe durch das Sprachrohr verstärkte Stimme des Seemanns im Sturme verhallt, noch der schrillende Ton der Botspfeife durch das Brausen der Wogen und das Geheul des Windes hindurchdringt. Savart hat vermittelst der Speichensirene gezeigt, daß die Gränze der Wahrnehmbarkeit der Töne nach der Tiefe hin durch die Stärke der Stöße erweitert werden kann. Die vollkommene Gleich-

artigkeit der Schwingungen bewirkt das Summiren der Eindrücke am vollständigsten, indem die durch ungleiche Schwingungsdauer entstehenden Interferenzen dann wegfallen. Diese Gleichförmigkeit bewirkt bei dem Tone die Reinheit, bei der Farbe die Homogenität. Das Blau verhält sich aber zum Roth wie ein höherer Ton zu einem tieferen, bei dem ersteren sind die Schwingungen der Netzhaut häufiger als bei dem letzteren, wie die des Trommelfells zahlreicher bei höherem Tone als bei tieferem. Da nun bei schwächer werdendem Tone die Gränze der Wahrnehmbarkeit tiefer Töne abnimmt, so ist es vollkommen dem entsprechend, dass bei abnehmender Helligkeit die Gränze der Wahrnehmung des Rothen sich ebenfalls verengert. Die rothe Farbe wird daher bei schwacher Beleuchtung nicht mehr gesehen werden, während die große Anzahl der Schwingungen bei blauem Licht dessen Wahrnehmbarkeit länger erhält.

Auf diese Weise erkläre ich mir die wunderbare Erscheinung, über welche sich aber merkwürdiger Weise noch Niemand gewundert hat, dass bei dem schwachen Sternenlicht sich das Blau des Himmels noch deutlich geltend macht.

Hiermit hängt die Erscheinung zusammen, dass ein durch eine enge Spalte entwickeltes prismatisches Spectrum bei intensivem Licht die Farben nach dem rothen Ende hin verhältnismässig lebhafter entwickelt als nach dem violetten. Besonders deutlich sieht man dies bei dichromatischen Medien, welche die Enden des Spectrums hindurchlassen, indem sie seine Mitte verlöschen, wenn man die Intensität der getrennten Farben, bei verschiedener Helligkeit der Beleuchtung der Spalte mit einander vergleicht. Aus demselben Grunde zieht ein violettes Glas bei zunehmender Dämmerung immer mehr ins Blau. Der dunkle Raum jenseits des rothen Endes des vollständigen Spectrums, in welchem die Wärme ihr Maximum erreicht, würde wahrscheinlich vollkommen sichtbar werden, wenn man die Intensität des Sonnenlichts durch Concentration bedeutend

stei-

steigert. Es wäre dies der Savart'sche Versuch in Beziehung auf die Gränzen der Sichtbarkeit tiefer Farben, wenn ich mich des Ausdrucks bedienen darf. Wahrscheinlich gehören hierher die Versuche von Brewster über die Fraunhofer'schen Linien in diesem Theile des Spectrums (*Report of the Brit. Assoc.* 1847 p. 33), obgleich dort der Grund des Erscheinens nur der Beseitigung der sphärischen Aberration, nicht der Lichtstärke des angewendeten Fernrohrs zugeschrieben scheint. In ähnlicher Weise erweitert sich auch mit Steigerung der Helligkeit die Wirkung des Lichts auf eine jodirte Silberplatte jenseits des violetten Endes.

Bei dieser Gelegenheit will ich noch einige Versuche nachholen zu den früheren über die Eustehung des Glanzes und der Irradiation. Das Wesentliche der von mir angestellten Versuche über das Binocularsehen der Farben beruht darauf, dass ich farbige Linien betrachtet habe, statt farbiger Flächen. So wie die prismatischen Erscheinungen nur klar wurden, als man kleine Oeffnungen an die Stelle grofser setzte, aber nachdem das Spectrum einer engen Spalte erörtert, sich leicht ableiten ließ, was in weiten Spalten erfolgen werde, so erläutern sich in diesem Gebiet auch jetzt, aber erst jetzt, früher bei dem binocularen Betrachten verschieden gefärbter Flächen beobachtete Erscheinungen. Ueber den Vortheil linearer Dimensionen daher noch einige Beispiele.

Durch ein violettes Glas erscheint in der Weite des deutlichen Sehens eine Flamme violett, innerhalb derselben eine blaue Flamme in einer rothen, jenseits derselben eine rothe in einer blauen. Viel schärfer und entscheidender sieht man diese Erscheinungen, besonders die erstere, wenn man durch das Glas nach einer von einer hellen Flamme beleuchteten Diffractionsschneide blickt.

Aufserhalb der Weite des deutlichen Sehens erscheint ein Mikrometer von schwarzen Linien auf weissem Grund wie ein grauer, eins von weissen Linien auf schwarzem Grund wie ein heller Fleck. Betrachtet man das letztere,

d. h. eine Reihe paralleler weisser Linien auf schwarzem Grund, durch ein blaues Glas und geht mit dem Auge so weit zurück, bis das Gitter durch das Zusammenlaufen der Linien als Fleck erscheint, so sieht man es durch ein rothes Glas noch vollkommen als Gitter, es wird bei erheblich grösserer Entfernung erst ein Fleck. Auf diese Weise sieht man äusserst leicht, dass die Schweite für rothes Licht erheblich grösser ist, als für blaues. Dass die für weisses Licht ebenfalls grösser als die für blaues, ist ebenso deutlich zu sehen. Da es schwer ist, verschiedene Pigmente von so gleicher Intensität zu wählen, dass durch ihre binoculare Verbindung Glanz entsteht, weisse und schwarze Flächen diesen aber entschieden geben, so kann man auf folgende Weise farbigen Glanz leicht erhalten. Man verbindet im Stereoskop eine Zeichnung von weissen Linien auf schwarzem Grund mit einer anderen von schwarzen Linien auf weissem Grund und betrachtet sie durch ein vor beide Augen gehaltenes farbiges Glas. Bei einem Rubinglas und heller Beleuchtung erscheint das Relief wie von polirtem Kupfer. Man kann daraus schliessen, dass die für Irradiation und Glanz früher erhaltenen Resultate für jede beliebige farbige Beleuchtung gültig sind.

Und so möge denn hier eine von der bisherigen abweichende Erklärung der flatternden Herzen ihre Stelle finden. Dass ein grünes Bild auf rothem Grund rasch hin und her bewegt auf dem Grunde zu schwanken scheint, und dass diese Täuschung vorzugsweise im indirekten Sehen stattfindet, könnte zu der Vorstellung führen, dass es sich hier um complementare Farben handele. Aber schon Wheatstone hat gezeigt, dass ein rothes Herz auf blauem Grund, oder ein blaues auf rotem lebhafter sich bewegt, es ist also ein Phänomen der verschiedenen Brechung. Nun erscheint aber, wie Brewster zuerst an geognostischen Charten bemerkte, blau und roth nicht in einer Ebene aus Gründen, die durch meine früheren stereoskopischen Versuche jetzt vollkommen erhellen. Bewege ich nun das

Blatt in seiner Ebene, so beschreibt das Herz und der Grund gleichgrosse Tangenten an Kreisen, deren Radien ich verschieden setze. Die Winkelgeschwindigkeit des einen erscheint daher anders als die des anderen, beide Objecte, Bild und Grund, scheinen sich daher über einander zu verschieben. Dabei wird natürlich vorausgesetzt, dass auch der Grund begränzt sey, da, wenn er als ein unbegrenzter erscheint, seine Bewegung in seiner eigenen Ebene nicht wahrgenommen wird. Dafs bei seitlicher Betrachtung das Phänomen deutlicher hervortritt als bei senkrechter, hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass die in Beziehung auf das Auge hier geltend gemachten Unterschiede der Farben dann noch entschiedener hervortreten, denn ich sehe, wenn ich sehr schief zur Seite blicke, in einem dunklen Zimmer eine enge von außen hell beleuchtete Spalte mitunter als Spectrum, welches ich nie bei senkrechter Betrachtung wahrgenommen habe. Aufserdem ist aus leicht ersichtlichen Gründen die Differenz beider Bewegungen auf einer eingebildeten Parallaxe beruhend bei seitlicher Betrachtung grösser, sowie ein parallel mit sich hin und her bewegter den Augen zugekehrter Stab seitlich betrachtet mehr zu schwanken scheint als dann, wenn seine Bewegung um die Halbirungslinie der Schlinien bei der Augen geschieht.

Dafs wir das mit beiden Augen Gesehene auch bei den Doppelzehen auf eine bestimmte Entfernung projiciren, geht aus folgendem Versuch hervor. Ich habe früher die Beobachtung beschrieben, ohne sie erklären zu können, dass ich mitunter bei dem Doppelzehen einer geraden Linie das eine Bild als eine gerade Linie, das andere als eine gebrochene oder gekrümmte sehe. Ohne behaupten zu wollen, dass dies immer aus denselben Gründen erfolgt, kann ich doch für besondere Fälle den Grund nachweisen. Ich legte einen Bogen Papier, auf dem ich eine gerade Linie gezeichnet, auf einen Tisch und betrachtete sie durch Doppelzehen als zwei gerade Linien. Ich krümmte nun den Bogen so, dass die Projection der geraden Linie auf

dem Tisch für das eine Auge eine gerade Linie blieb, für das andere eine gekrümmte Linie wurde. Nun sah ich die eine Linie gerade, die andere gekrümmmt.

Schliefslich will ich noch einen sehr entscheidenden Versuch dafür anführen, dass nur bei binocularem Sehen das Bild im Hohlspiegel vor demselben erscheint. Man nähert einen an einem Stift befestigten Ring dem Hohlspiegel so, bis beide durch einander hindurchgehen und das vergrösserte Bild des Ringes zwischen dem Auge und wirklichen Ringe steht. Schliesst man nun das linke Auge, so tritt das Bild des Ringes augenblicklich hinter denselben zurück. Der abgekürzte Hohlkegel, welcher dem Auge seine Grundfläche zukehrte, wendet nun plötzlich ihm seine Schnittfläche zu. Nähert man bei dem Sehen mit einem Auge die Hand plötzlich dem Spiegel, so glaubt man allerdings auch monocular die Hand sich nähern zu sehen. Dies ist aber nur eine bei schneller Bewegung eintretende Täuschung, da man sich nicht vorstellen kann, dass die an der Stelle bleibende Hand gröfser wird.

Der Versuch von Scherfer, durch zwei kleine dicht neben einander liegende Oeffnungen einen schmalen Gegenstand in der Weite des deutlichen Sehens einfach, diesseits derselben doppelt zu sehen, gelingt für rothe und blaue Strahlen bei verschiedenen Entfernnungen, für erstere bei gröfserer, für letztere bei geringerer Entfernung. Am besten ist es, als Object eine stark beleuchtete Diffractions-schneide anzuwenden, welche man nach einander mit einem rothen und blauen Glase verdeckt. Für weisses Licht liegt die Entfernung zwischen beiden Gränzen. Man kann die farbigen Gläser auch unmittelbar vor das Auge halten, so dass die kleinen Oeffnungen sich jenseits des Glases befinden.

---

Nach Beendigung der im Vorhergehenden beschriebenen Versuche fand ich in der Abhandlung von Seebeck über den bei manchen Personen vorkommenden Mangel an Farbensinn (Pogg. Ann. Bd. 42, S. 222) folgende Stelle:

»in der Dämmerung verschwinden bekanntlich die wenigst  
brechbaren Strahlen zuerst aus dem Lichte der Atmosphäre,  
wodurch die bekannten Änderungen in dem Ansehen der  
Farben entstehen.« Seebeck erklärt daher diese Erschei-  
nungen aus einer objectiven Veränderung der Farbe der  
Beleuchtung. Dies geht deutlich daraus hervor, daß er  
(S. 224) bemerkt: »Von dem Dr. G. wird angeführt,  
daß er bei einiger Dunkelheit besser sehe, als andere Per-  
sonen, die ihm bei Tage an Gesichtsschärfe übertreffen.  
Ich vermuthe, daß dies von der Dämmerung zu verstehen  
ist, indem hier, wo die wenigst brechbaren Strahlen zuerst  
verschwinden, das Abnehmen des Tageslichts den Augen  
der zweiten Klasse weniger empfindlich seyn muß, als de-  
nen der ersten Klasse und dem gewöhnlichen Auge.«

Was nun die bekannte Thatsache eines objectiven Feh-  
lens der am wenigsten brechbaren Strahlen betrifft, so ist  
es auffallend, daß ich sie in keiner Untersuchung über  
Dämmerung und über Farbe des Himmels, die neuesten  
nicht ausgenommen, erwähnt finde. Seebeck sagt selbst,  
daß das Himmelblau dem Grau in der Dämmerung ziem-  
lich ähnlich wird. Hassenfratz<sup>1)</sup> fand die Länge des  
Spectrums bei hohem Sonnenstande 185 Millimeter, bei  
Sonnenuntergang nur 70 und dabei fehlten die Strahlen  
auf der blauen Seite so sehr, daß das ganze Farbenbild  
nur aus Roth, Orange und Grün bestand, und Kämtz er-  
klärt<sup>2)</sup> dies dadurch, daß die blauen Strahlen auf dem  
langen Wege durch die Atmosphäre verloren gegangen  
wären. Vorausgesetzt nun auch, daß blaues Licht in der  
Dämmerung überwiege, so würde dies doch nicht statt-  
finden können bei einer vollkommen gleichartigen weißen  
Bedeckung des Himmels, wo nach allen Theorien das Licht  
farblos reflectirt wird. Nun habe ich aber meine Versuche  
an Tagen angestellt, wo der Himmel so gleichförmig be-  
deckt war, daß mit dem empfindlichsten Apparate keine  
Spur von Polarisation des Himmelslichtes sich zeigte, ja an

1) *Ann. de Chim.* T. 66, p. 60.

2) *Meteorologie* Bd. 3, S. 42.

Tagen, wo ein dichter Nebel die Luft gleichartig erfüllte. Um aber jeden möglichen Zweifel zu beseitigen, habe ich die Versuche um Mittag in einem künstlich verfiusterten Zimmer wiederholt.

Tritt man unmittelbar aus einem hell erleuchteten Zimmer in ein stark verdunkeltes, und nähert sich der Stelle wo das Licht eintritt, so weit, dass man das Blau erkennt, so erscheint zunächst das Roth lebhafter. Das Auge verlangt nämlich dann noch die Helligkeit, bei welcher das Roth überwiegt über das Blau. Erst nach längerem Aufenthalt im Dunkeln ist die Netzhaut so empfindlich, wie in der starken Dämmerung. Tritt man nun so weit zurück von der Stelle, wo das Licht einfällt, dass das Blau noch deutlich erscheint, so ist das Roth vollständig verschwunden. Hierbei ist es aber nicht möglich, das Stereoskop mit Sicherheit anzuwenden, da es äußerst schwierig ist, den beiden Flächen genau gleiche Beleuchtung zu geben. Am besten erhält man die beschriebene Thatsache, wenn man nach einander eine mit weissen Strichen auf schwarzem Grund ausgeführte unverändert liegende Zeichnung zuerst durch das blaue, dann durch das rothe Glas betrachtet.

Hierher gehört auch die merkwürdige Thatsache, dass, unter vielen, denen ich gleichzeitig bei hellem Tage das Relief im Stereoskop mit blauen und rothen Kanten durch die verschiedenfarbigen Gläser zeigte, einer erklärte, dass er nur die Zeichnung mit blauen Linien, nicht das Relief sähe, da er durch das rothe Glas die Zeichnung gar nicht wahrnehme. Die Augen dieses Individuums verhielten sich also bei hellem Sonnenschein wie die normalen Augen im schwachen Dämmerlicht.

Wenn aus unseren bisherigen Versuchen folgt, dass das bei heller Beleuchtung lebhafte Roth gegen das schwächere Blau zurücktritt, wenn die Dunkelheit zunimmt, so ist es nicht unmöglich, dass in voller Dunkelheit jenseits des violetten Endes des Spectrums noch schwächere Schwingungen stattfinden, die, wenn sie auch nicht von dem Auge

empfunden werden, doch eine jodirte Silberplatte afficiren. Durch die Dauer und die grosse Anzahl der Schwingungen würde sich erklären lassen, dass eine Wirkung auf einer Platte hervortritt, die auf der Netzhaut nicht empfunden wird, weil wir das bewegliche Auge nicht so lange und so stetig der summirenden Wirkung dieser kleinen Schwingungen aussetzen können als die ruhende Silberplatte. Moser sagt ausdrücklich, dass das unsichtbare Licht zu dem sichtbaren sich verhalte, wie das violette zum rothen und es scheint mir nach dem hier Erörterten nicht einmal nöthig anzunehmen, dass diese Schwingungen von der Nervenhaut nicht empfunden werden, weil sie von den Substanzen, welche vor ihr liegen, zurückgehalten werden<sup>1)</sup>). Senden alle Körper Licht aus, es mag nun die Netzhaut afficiren oder nicht, so wird eine Beleuchtung der letzten Klasse von Körpern durch eine der ersten nur störend wirken, denn wir verlangen dann von der Platte, dass sie gleichzeitig zwei Bilder darstelle, welches' natürlich der Deutlichkeit Eintrag thun wird.

Seebeck hat gezeigt, dass die zweite Klasse der mit mangelndem Farbensinn behafteten Individuen bei hellem Licht ohngefähr die Erscheinungen sieht, welche ein farbengesundes Auge in der Dämmerung wahrnimmt. Da die objective Erklärung nun wegfällt, so bleibt nur eine subjective, d. h. die Annahme, dass die Netzhaut des gesunden Auges bei schwacher Beleuchtung dem Zustande jenes krankhaften sich nähert.

Bei dem Interesse, welches die Arbeit von Seebeck bei ihrem Erscheinen in mir erregte, war es mir wünschenswerth, eine vollständige Anschauung dieser Eigenthümlichkeit zu erhalten. Seebeck hatte daher die Güte, mir ein Exemplar derselben zu geben, in welchem die verschiedenen farbigen Papiere, welche die Individuen als gleich ausgesucht hatten, in viele Reihen je zwei neben einander geklebt sind. Nun stellte ich mir die Frage, wenn ein Individuum ein lebhaftes Roth und Grün als vollkommen

1) Ueber das Licht S. 18.

gleich sieht, sieht es vielleicht das, was ein gesundes Auge als Mittelfarbe aus beiden wahrnimmt. Wie aber fällt diese Mittelfarbe aus? Dies erhält man sehr schön mittelst eines Prismen stereoskops. Bringt man die farbigen Papiere zum Decken, so erscheinen die vorher so verschiedenen Papiere paarweise vollkommen gleichartig und in der Regel grau oder als eine Schmutzfarbe. Auf diese Weise würde sich erklären, wie eins der Individuen das reine Roth nicht besser als durch die Farbe eines Esels zu bezeichnen wußte. Versuche mit wahren complementären Farben wären besonders interessant.

---

*IX. Ueber im Glase befindliche entglaste Körper, und die durch dieselben hervorgerufenen optischen Erscheinungen; von D. C. Splitgerber.*

---

Drei verschiedene Arten entglaster Körper fand ich besonders dadurch interessant, daß sie auf verschiedene Stufen der Bildung stehen, welche bei anorganischen Körpern möglich sind und deren Spitze der ausgebildete Kristall ist. Die Beobachtungen darüber verdienen wohl wegen ihrer Anwendung auf verschiedene Mineralien einige Beachtung, und dürften vielleicht selten unter so günstigen Umständen zu machen seyn, wegen der Durchsichtigkeit der umgebenden Masse.

Alle drei Ausscheidungen aus dem Glase habe ich zwar schon in diesen Annalen Bd. 76, S. 571 und 572 beschrieben, aber wegen Mangel eines Mikroskop nur unvollständig; ich will es daher in dieser Hinsicht hier vervollständigen und nur wiederholen, daß ihr Entstehen durch das Zerfallen der ursprünglichen Zusammensetzung des Glases in andere undurchsichtige Verbindungen erklärt wird, welche sowohl amorph, als auch krystallinisch seyn können.

So fand ich amorphe Körper von 2,456 spec. Gewicht bei  $13\frac{1}{2}^{\circ}$  R., welche aber nicht ganz vom umgebenden Glase von 2,452 spec. Gew. getrennt werden konnten, in diesem letzteren, welches nach der Analyse aus

|       |          |                   |
|-------|----------|-------------------|
| 77,63 | oder 100 | Theile Kieselerde |
| 15,53 | " 20     | " Natron          |
| 6,25  | " 8,06   | " Kalkerde        |
| 0,59  | " 0,76   | " Thonerde        |

bestand, bei dessen langsamer Abkühlung als rundliche undurchsichtige 1 bis 2 Millm. grosse weisse Körner ausgeschieden, welche einen porcellanartigen Bruch haben. In hinreichend dünnen Stückchen bei starker Vergrößerung betrachtet, kann man ihr Ansehen mit dem chemischen Niederschlag der Thonerde in einer Flüssigkeit vergleichen; doch sind sie dichter und scharf begrenzt und ohne daß man eine krystallinische Structur an ihnen wahrnehmen kann.

Diejenigen entglosten Körper dagegen, welche in derselben Grösse wie die vorigen sich in dem auf dem Boden eines Schmelzofens befindlichen unreinen Glase von 2,521 spec. Gew. gebildet haben und nach der Analyse aus

|       |          |                   |
|-------|----------|-------------------|
| 69,34 | oder 100 | Theile Kieselerde |
| 13,94 | " 20,10  | " Kali            |
| 11,31 | " 16,29  | " Kalkerde        |
| 5,41  | " 7,81   | " Thonerde        |

bestehen, lassen schon die Gestalt von sechsseitigen Tafeln erkennen, wenn die Flächen und Kanten auch noch nicht geradlinig begrenzt sind. Durchscheinend in dünnen Schliffen, erscheinen diese unter dem Mikroskop weniger dicht und scharf begrenzt wie die vorigen, wie Nebelflecke, in welchen sich aber gerade Linien aus verzweigten feinen Nadeln gebildet haben, welche dem Anschein nach Winkel von 60 Grad mit einander machen, also ihrer inneren Structur nach zum hexagonalen Krystalsystem gehörig sich zeigen, wenn ihre äussere Form auch nicht zu erkennen wäre. In dem durchsichtigen Glase kann man ferner auch noch wahrnehmen wie die entglas-

ten Theilchen sich einander genähert, wie verschiedene Schichten sich zu einem dichten Kern zusammengezogen haben und wie äußerst feine Partikel von außen sich lose daran anlegen; so dass offenbar die wolkenartige Ausscheidung das Frühere ist, in welcher dann später bei begünstigenden Umständen die Krystallisationskraft zu wirken beginnt, welche den verschiedenen Ausscheidungen die regelmäfsige Form giebt und dieselben dadurch individualisiert.

Als auf einer anderen Stufe befindlich sind endlich noch die in jenem Aufsatze angeführten ähnlichen, aber mehr ausgebildeten, Krystalle in einem englischen Glase zu erwähnen, welche die Gröfse von 3 bis 4 Mllm. haben, und an welchen, wie man dies häufig bei gröfseren Krystallen findet, die Ränder viel stärker als die Flächen auskrystallisiert sind, so dass dieselben, obgleich sie an ihren Außenwänden keine Unterbrechung zeigen, im Innern aus mehreren kleinen sechsseitigen Tafeln zusammengesetzt erscheinen. Die ganze Masse, welche zum gröfsten Theil entglast ist, hat ein spec. Gew. von 2,541, enthält daher wohl kein Bleioxyd, doch zeigt die Farbe, dass es ein Sodaglas ist.

In einer Notiz Bd. 79, S. 297 habe ich die Polarisations-Erscheinungen beschrieben, welche durch die zuerst angeführten amorphen Körper hervorgebracht werden; durch die Zuhilfenahme eines Mikroskop ist es mir möglich geworden auch sie zu vervollständigen.

Bei Anwendung eines solchen, welches durch zwei Nicol'sche Prismen in ein Polarisations-Mikroskop verwandelt worden, zeigen sich bei einer 20maligen Vergröfserung im umgebenden Glase die Farbenerscheinungen mit dem schwarzen Kreuz ungemein schön und nicht nur, wie ich früher angegeben habe, das bläuliche und gelbliche Weifs, sondern nach demselben das Orange, Roth, dunkel Purpur und endlich, dicht um die entglosten Körner herum, ein schönes Blau, welches an manchen Stellen noch ins Grünliche überzugehen scheint, und dasselbe sieht man

natürlich in jeder beliebigen Richtung, in welcher parallele Flächen an den dieselben enthaltenden Glasstücken angeschliffen sind.

Alle diese Farben verschwinden aber bis auf das bläuliche Weiß bei einer Erwärmung des Glasstücks, stellen sich aber der Reihe nach wieder ein, zuletzt das Blau. Dies hatte ich übrigens anfangs nur so weit getrieben, daß das Glas eben noch mit den Fingern zu halten war; nachher fand ich aber durch Erhitzen desselben auf Platinblech bis dies glühend wurde, daß auch dies opalisirende Weiß zum Verschwinden gebracht werden kann, so daß dann also jede durch eine verschiedene Dichtigkeit um das undurchsichtige Körnchen hervorgebrachte Spannung im Glase, wohl mit seiner Elasticität, aufgehört hat.

Dies momentane Verschwinden der sonst bleibenden Spannung durch diejenige, welche die Erhitzung hervorbringt, spricht für meine früher geäußerte Ansicht, wenn das höhere specifische Gewicht es nicht schon thäte, daß die entglasten Theile sich mehr wie das umgebende Glas zusammengezogen haben, welche Contraction nun durch die Erwärmung ausgeglichen wird, oder durch die in entgegengesetzter Richtung wirkende Spannung, welche von der äußern Gestalt des Glasstücks abhängig ist. Ich bemerke hierbei noch, daß diejenigen Körnchen, welche durch einen Sprung ringsum sich vom Glase losgetrennt haben, keine Polarisations-Erscheinung mehr zeigen, andere, die sich zum Theil getrennt haben, nur an der noch zusammenhängenden Stelle. Berühren sich aber die Wirkungs-Sphären mehrerer nicht weit von einander im Glase befindlichen Körner, so entstehen die mannigfältigsten Abänderungen der oben beschriebenen Erscheinung.

Jene zweite Art von Ausscheidung scheint weniger stark auf das Glas umher zu wirken, und man sieht an denselben nur selten opalisirende Büschel, niemals aber Farben, und an den zuletzt beschriebenen Krystallen war es mir wegen der Form des Glasstücks gar nicht möglich, dergleichen Beobachtungen zu machen.

Es mögen sich hier noch die Bemerkungen anschliessen, welche ich an im Glase ausgeschiedene Metallkörner gemacht habe, und welche vielleicht zur Erklärung jener Erscheinung mit beitragen können.

Gold- und Silberkörnchen zeigten unter jenem Mikroskop die vier weissen Büschel um sich herum sehr deutlich, doch ohne Farben, so dass also die Differenz der interferirenden Lichtstrahlen hier wohl nur eine Viertel-Wellenlänge betragen kann, und sie verschwinden bei der Erhitzung. Bei einem grösseren Goldtigelchen habe ich bei dem, während der Abkühlung, erfolgenden schnellen Wiedererscheinen ein eigenthümliches Zucken und Rucken dieser Büschel bemerkt. Bei Körnchen von Kupfer und Blei waren die Büschel, so lange das Glas kalt war, nur selten und schwach zu sehen; dagegen erschienen sie sehr deutlich, wenn dasselbe erhitzt wurde.

Bei dieser Gelegenheit fand ich auch, was sich allerdings wohl voraussehen liefs, dass an der Spitze eines im erhitzen Glase entstandenen Sprunges sich ein schwarzes Kreuz durch jene Büschel gebildet zeigt, welches mit dem Sprunge selbst langsam oder schnell sich fortbewegt.

---

**X. Ueber die vom Dr. Lamont beobachtete zehnjährige Periode in der Gröfse der täglichen Bewegung der Declinationsnadel; von P. A. Reslhuber;**

Director der Sternwarte zu Kremsmünster.

---

**I**n abgelaufenen Jahre beschäftigte ich mich mit der Reduction und Bearbeitung der magnetischen Beobachtungen, welche hier seit der Gründung des magnetischen Observatoriums im Jahre 1839 sowohl von meinem Vorgänger in der Leitung des Institutes, dem Hrn. Dr. Marian

Koller (seit dem Jahre 1847 k. k. Ministerialrath im hohen Ministerium des Unterrichtes) als von mir angestellt worden sind. Sie beziehen sich auf die *absoluten Bestimmungen* der Elemente der magnetischen Kraft, auf die *täglichen Aenderungen* der Declination und Horizontal-Intensität, und auf die *Variationen* der beiden genannten Elemente an den festgesetzten *Terminsbeobachtungs-Tagen*.

Die Beobachtungen über die Variationen der Declination und Horizontal-Intensität werden an Gauß'schen Magnetometern täglich zu den Stunden 8<sup>h</sup> Morg. 2<sup>h</sup> und 8<sup>h</sup> Ab. nach mittlerer Gött. Zeit seit dem Jahre 1842 ange stellt; ich besitze also schon eine Beobachtungsreihe von 10 Jahren, hinreichend, um aus den erlangten Daten einige Folgerungen ziehen zu können.

Was nun zuerst die von Dr. Lamont angeführte zehnjährige Periode anbelangt, so ergiebt sich aus unseren Beobachtungen folgendes Resultat:

Größe der täglichen Änderung der Declination von 8<sup>h</sup> Morgens bis 2<sup>h</sup> Abends<sup>1)</sup>.

|      | Jan.    | Fehr.    | März     | April    | Mai      | Juni     | Juli     | August   | Sept.    | Oct.     | Nov.     | Dec.      | Mittel-<br>gröÙe des<br>Jahres. |
|------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|---------------------------------|
| 1842 | 1'58",4 | 4'12",1  | 6'56",6  | 10'32",4 | —        | 8'24",5  | 7'53",9  | 6'14",6  | 6'25",8  | 7'36",1  | 12'13",5 | 6'33",4   |                                 |
| 43   | 3 9 ,7  | 3 36 ,9  | 7 0 ,9   | 9 33 ,7  | —        | 9 32",6  | 8 55 ,7  | 8 30 ,0  | 7 45 ,8  | 5 39 ,2  | 2 25 ,8  | 6 28 ,6   |                                 |
| 44   | 1 9 ,1  | 2 2 ,9   | 6 45 ,4  | 8 31 ,5  | 7'43",3  | 7 48 ,4  | 10 11 ,3 | 9 56 ,6  | 8 21 ,2  | 7 15 ,1  | 3 2 ,2   | 6 14 ,9   |                                 |
| 45   | 0 49 ,4 | 3 46 ,2  | 7 21 ,5  | 11 16 ,0 | 9 54 ,7  | 9 56 ,5  | 8 50 ,6  | 9 31 ,0  | 6 55 ,6  | 6 5 ,9   | 3 0 ,5   | 6 39 ,6   |                                 |
| 46   | 2 9 ,9  | 3 27 ,5  | 10 6 ,0  | 13 25 ,7 | 12 45 ,9 | 12 42 ,1 | 10 52 ,6 | 10 25 ,7 | 6 49 ,8  | 6 32 ,1  | 3 32 ,5  | 6 756 ,1  |                                 |
| 47   | 1 9 ,6  | 4 9 ,6   | 9 16 ,9  | 9 58 ,7  | 10 20 ,8 | 11 47 ,2 | 10 39 ,9 | 12 31 ,6 | 10 20 ,8 | 11 16 ,8 | 6 47 ,4  | 6 842 ,3  |                                 |
| 48   | 6 26 ,5 | 8 42 ,2  | 12 43 ,6 | 13 19 ,7 | 12 49 ,5 | 13 45 ,2 | 14 34 ,6 | 14 3 ,3  | 12 1 ,2  | 12 6 ,8  | 4 55 ,5  | 5 527 ,0  | 10 55 ,4                        |
| 49   | 7 51 ,6 | 10 24 ,2 | 14 42 ,0 | 17 43 ,2 | 14 17 ,3 | 14 24 ,5 | 12 16 ,1 | 11 58 ,3 | 9 47 ,5  | 7 39 ,2  | 4 7 ,1   | 12 32 ,9  | 10 39 ,5                        |
| 50   | 4 12 ,4 | 4 51 ,5  | 9 13 ,9  | 10 34 ,1 | 13 54 ,8 | 13 53 ,5 | 13 32 ,5 | 11 30 ,5 | 10 37 ,9 | 9 46 ,1  | 5 4 ,4   | 4 2 41 ,1 | 9 8 ,4                          |
| 51   | 4 59 ,7 | 5 1 ,1   | 9 11 ,0  | 12 5 ,4  | 10 12 ,9 | 13 24 ,0 | 10 50 ,7 | 8 50 ,2  | 7 41 ,0  | 7 24 ,6  | 4 21 ,2  | 2 2 ,2    | 8 0 ,3                          |

1) Die fehlenden Monatgrößen im Jahre 1842 und 1843 sind durch Interpolation ermittelt.

Hier muß ich zum Verständnisse bemerken, daß diese Angaben nicht die *vollkommene Größe* der täglichen Variation geben, denn nach meinen Untersuchungen über die stündliche Änderung der Declination während eines Tages fällt das *Minimum der Declination am Morgen* an unserem Orte nahe um 7<sup>h</sup> mittl. Gött. Zeit, das *Maximum am Nachmittage* um 1<sup>h</sup> mittl. Gött. Zeit; es hat somit die Declination um 8<sup>h</sup> M. schon etwas zu-, um 2<sup>h</sup> Ab. schon wieder etwas abgenommen, folglich sind die obigen Schwankungsangaben um etwas zu klein, doch dürfte die Correction nicht bedeutend seyn; jedenfalls aber reichen sie vortrefflich hin, um das Gesetz der periodischen Änderung darzuthun.

*Die Mittelgröße des Jahres* erreicht ein Minimum zwischen 1843 — 44, ein Maximum von 1848 auf 1849.

Die monatlichen Mittelgrößen der täglichen Änderung der Declination von 1842 — 50 inclusive, unterzog ich einer scharfen Rechnung nach der Methode, wie man den Gang periodischer Erscheinungen berechnet, und erhielt für den jährlichen Gang obiger Variation der Declination folgendes Resultat:

| 1842 — 50. | Beobachtete<br>Schwankung. | Berechnete<br>Schwankung. |
|------------|----------------------------|---------------------------|
| Januar     | 3' 12",93                  | 2' 29",10                 |
| Februar    | 5 0 ,34                    | 5 16 ,84                  |
| März       | 9 21 ,90                   | 9 19 ,75                  |
| April      | 11 39 ,43                  | 11 58 ,77                 |
| Mai        | 11 40 ,91                  | 12 13 ,97                 |
| Juni       | 11 43 ,74                  | 11 16 ,16                 |
| Juli       | 10 55 ,34                  | 10 33 ,95                 |
| August     | 10 42 ,60                  | 10 16 ,91                 |
| September  | 8 47 ,14                   | 9 33 ,82                  |
| October    | 8 5 ,21                    | 7 42 ,16                  |
| November   | 3 56 ,84                   | 4 54 ,49                  |
| December   | 3 0 ,27                    | 2 32 ,48                  |
| Jahr       | 8 10 ,55                   | 8 10 ,70                  |

Die Schwankung ist somit am *kleinsten* im Monate Januar, am *größten* im Monate May.

Man glaubt gewöhnlich, eine Hauptursache dieser täg-

lichen Aenderung, im Stande der Declinationsnadel, sey die Erwärmung der Erde. Ich wage es nicht, zu entscheiden, welchen Antheil die Wärme an diesen regelmässigen Aenderungen habe; wahr ist es, dass das Minimum der Declination am Morgen nahe um die Zeit des Minimums der Temperatur, das Maximum der Declination am Nachmittage nahe um die Zeit des Maximums der Wärme eintritt; aber die magnetische Declination erreicht zwischen 10<sup>h</sup> und 12<sup>h</sup> Nachts ein zweites Minimum, und zwischen 2<sup>h</sup> und 4<sup>h</sup> Morgens ein zweites Maximum, also regelmässig zwei Maxima und zwei Minima der Declination während eines Tages, da hingegen in der Temperatur nur ein Minimum und ein Maximum stattfindet. Wenn die Wärme die alleinige, oder doch die Haupt-Ursache dieser magnetischen Variationen wäre, so müfste die *Gröfse der täglichen Variation* der Declination mit dem Wachsen und Abnehmen der Temperatur im Jahre *gleichen Schritt* halten, was die bisherigen Beobachtungen nicht nachweisen; diese Gröfse ist wohl zur *Zeit der tiefsten Temperatur am kleinsten*, nimmt aber zur *Zeit der höchsten Temperatur* (Julius) schon *wieder ab*, nachdem sie im Monate Mai ihren höchsten Werth erreicht hatte.

Aber eine andere Bemerkung, wenn man obige Resultate betrachtet, drängt sich unwillkürlich auf:

*Die Gröfse der täglichen Variation der Declination in den Monaten des Jahres geht parallelen Schritten mit der Aenderung der Feuchtigkeits-Verhältnisse der Luft, ist am kleinsten zur Zeit der größten Feuchtigkeit, am größten zur Zeit der größten Trockenheit.*

Zum Beweise dieses Satzes gebe ich hier

- a) die mittlere tägliche Schwankung der Declination in den einzelnen Monaten,
- b) die mittlere relative Luftfeuchtigkeit in Procenten in den einzelnen Monaten,
- c) die mittlere Temperatur in den einzelnen Monaten von den Jahren 1842 bis 1850;

|           | Mittlere Schwankung<br>der Declination von<br>2 <sup>h</sup> Ab. bis 8 <sup>h</sup> M. | Mittlere Feuchtig-<br>keit in Procenten. | Mittlere Tempera-<br>tur in R.-Graden. |
|-----------|--|--|--|
| Januar    | 2' 29",10  | 93,84                                    | - 3°,08                                |
| Februar   | 5 16 ,84   | 91,90                                    | - 0 ,39                                |
| März      | 9 19 ,75   | 83,77                                    | + 1 ,68                                |
| April     | 11 58 ,77  | 72,09                                    | + 6 ,73                                |
| Mai       | 12 13 ,97  | 70,25                                    | + 10 ,36                               |
| Juni      | 11 16 ,16  | 72,43                                    | + 13 ,19                               |
| Juli      | 10 33 ,95  | 74,37                                    | + 14 ,14                               |
| August    | 10 16 ,91  | 76,19                                    | + 13 ,73                               |
| September | 9 33 ,82   | 81,62                                    | + 10 ,50                               |
| October   | 7 42 ,16   | 89,07                                    | + 6 ,59                                |
| November  | 4 54 ,49   | 92,30                                    | + 2 ,14                                |
| December  | 2 32 ,48   | 94,54                                    | - 0 ,87                                |
| Jahr      | 8 10 ,70   | 82,69                                    | + 6 ,23                                |

Ganz besonders schlagend beweisen obigen Satz die Beobachtungs-Resultate des Jahres 1851, welche in den Monaten Mai und Junius eine Anomalie in den Wärme- und Feuchtigkeits-Verhältnissen darbieten.

| 1851.     | Mittlere Schwankung<br>der Declination von<br>8 <sup>h</sup> M. bis 2 <sup>h</sup> Ab. | Mittlere Feuchtig-<br>keit in Procenten. | Mittlere Tempera-<br>tur in R.-Graden. |
|-----------|--|--|--|
| Januar    | 4' 59",7   | 93,74                                    | - 1°,49                                |
| Februar   | 5 1 ,1   | 91,84                                    | - 1 ,82                                |
| März      | 9 11 ,0  | 84,00                                    | + 2 ,27                                |
| April     | 12 5 ,4  | 73,92                                    | + 8 ,13                                |
| Mai       | 10 12 ,9   | 74,28                                    | + 7 ,86                                |
| Juni      | 13 24 ,0   | 67,90                                    | + 12 ,89                               |
| Juli      | 10 50 ,7   | 70,74                                    | + 13 ,29                               |
| August    | 8 50 ,2  | 73,54                                    | + 13 ,61                               |
| September | 7 41 ,0  | 82,48                                    | + 9 ,22                                |
| October   | 7 24 ,6  | 84,93                                    | + 8 ,23                                |
| November  | 4 21 ,2  | 93,60                                    | - 0 ,72                                |
| December  | 2 2 ,3   | 94,56                                    | - 1 ,21                                |
| Jahr      | 8 0 ,3   | 82,13                                    | + 5 ,85                                |

Ich bin nicht im Stande, den Zusammenhang dieser Erscheinungen zu erklären, fordere aber die Naturforscher auf, diese aus unseren Beobachtungen sich ergebende höchst interessante Thatsache weiter zu verfolgen und zu untersuchen.

Am Schlusse seines Aufsatzes bemerkt Hr. Dr. Lamont, »dafs auch die tägliche Bewegung der Horizontal-

Intensität einer beträchtlichen Aenderung unterliege; ob dieselbe Periode, wie bei der Declination stattfindet, habe ich noch nicht ermittelt u. s. w."

Die Untersuchungen über die stündliche Aenderung der Horizontal-Intensität während eines Tages weisen nach, daß täglich *zwei Maxima und zwei Minima* stattfinden; und zwar

zwischen 6<sup>h</sup> und 7<sup>h</sup> Ab. mittlerer Stand,

» 10<sup>h</sup> und 11<sup>h</sup> Ab. ein Maximum (das kleinere des Tages),

zwischen 12<sup>h</sup> und 1<sup>h</sup> Nachts ein Minimum (das kleinere des Tages, größer als die mittl. Horizontal-Intensität),

zwischen 3<sup>h</sup> und 4<sup>h</sup> Morg. ein Maximum (das größere des Tages),

zwischen 6<sup>h</sup> und 7<sup>h</sup> Morg. mittlerer Stand,

zwischen 9<sup>h</sup> und 11<sup>h</sup> Morg. ein Minimum (das größere des Tages, kleiner als die mittlere Horizontal-Intensität).

*Die Zeiten der Maxima, der Minima, der mittlern Grösse der Horizontal-Intensität treffen auf frühere Stunden in den wärmeren Monaten, auf spätere in den kälteren.*

Die Horizontal-Intensität ist ferner während der *Stunden des Tages* regelmäsig *kleiner*, während der *Stunden der Nacht* *größer* als die mittlere Horizontal-Intensität des Tages.

Um zu ermitteln, ob auch in den täglichen Aenderungen der Horizontal-Intensität eine Periode stattfinde, wähle ich von unseren dreitäglichen Beobachtungen die um 8<sup>h</sup> M. und 8<sup>h</sup> Ab. gemachten aus. Die erste fällt etwas vor dem tiefsten Stande (größten Minimum), die zweite ein Paar Stunden vor dem Maximum des Abends; somit giebt auch hier die Differenz der beiden Stände nicht die ganze Grösse der täglichen Aenderung der Horizontal-Intensität.

Die Aenderungen sind in Decimaltheilen der absoluten Horizontal-Intensität ausgedrückt.

Aenderung der Horizontal-Intensität von 8<sup>h</sup> Morg. bis 8<sup>h</sup> Ab. mittl. Gött. Zeit.  
Differenz = 8<sup>h</sup> Ab. - 8<sup>h</sup> Morg.

|       | 1843.     | 1844.     | 1845.     | 1846.     | 1847.     | 1848.     | 1849.     | 1850.     | 1851.     | Mittel von<br>9 Jahren. |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------|
| Jan.  | - 0,00048 | - 0,00076 | - 0,00098 | - 0,00011 | - 0,00066 | + 0,00019 | + 0,00028 | - 0,00056 | - 0,00028 | - 0,00028               |
| Febr. | - 014     | - 038     | - 013     | + 064     | + 060     | - 024     | + 008     | + 012     | + 069     | + 024                   |
| März  | + 000     | + 090     | + 096     | + 065     | + 109     | + 230     | + 140     | + 095     | + 059     | + 098                   |
| April | + 058     | + 158     | + 206     | + 161     | + 347     | + 305     | + 323     | + 220     | + 139     | + 214                   |
| Mai   | + 230     | + 245     | + 275     | + 300     | + 412     | + 453     | + 431     | + 437     | + 259     | + 334                   |
| Juni  | + 243     | + 402     | + 297     | + 405     | + 355     | + 451     | + 410     | + 395     | + 218     | + 353                   |
| Juli  | + 205     | + 279     | + 268     | + 400     | + 385     | + 506     | + 434     | + 341     | + 315     | + 348                   |
| Aug.  | + 243     | + 314     | + 326     | + 435     | + 418     | + 473     | + 430     | + 372     | + 273     | + 365                   |
| Sept. | + 158     | + 292     | + 311     | + 221     | + 325     | + 388     | + 347     | + 335     | + 339     | + 302                   |
| Okt.  | + 102     | + 117     | + 118     | + 117     | + 050     | + 155     | + 142     | + 171     | + 194     | + 130                   |
| Nov.  | - 010     | - 019     | - 037     | - 004     | + 171     | + 058     | + 053     | + 033     | + 065     | + 037                   |
| Dec.  | - 116     | - 112     | - 129     | - 003     | + 131     | + 211     | - 047     | - 003     | - 069     | - 044                   |
| Jahr  | + 0,00088 | + 0,00138 | + 0,00133 | + 0,00180 | + 0,00208 | + 0,00273 | + 0,00230 | + 0,00203 | + 0,00152 | + 0,00178               |

Hier stellt sich ganz deutlich in der mittleren Jahresgröfse der täglichen Aenderung der Horizontal-Intensität von 8<sup>b</sup> M. bis 8<sup>b</sup> Ab. ein *Minimum zwischen 1843 und 1844, ein Maximum zwischen 1848 und 1849 heraus; es findet so nach in den täglichen Aenderungen der Horizontal-Intensität dieselbe zehnjährige Periode statt, wie bei den täglichen Aenderungen der Declination.*

Was den *Gang dieser Aenderungen in den einzelnen Monaten des Jahres* anbelangt, so scheint derselbe ganz dem der Wärme zu folgen. Mehrjährige Beobachtungen werden die kleinen Anomalien in den wärmeren Monaten eliminiren, und das hierin herrschende Gesetz deutlich zu erkennen geben.

Kremsmünster, den 13. Februar 1852.

---

## XI. Meteorologische Beobachtungen auf dem Hohenpeissenberg, jährlicher Gang der Temperatur daselbst; von Dr. Lamont.

---

Ehe ich auf den speciellen Gegenstand übergehe, den ich in diesem Aufsatze zu behandeln beabsichtige, möchte ich die Aufmerksamkeit der Fachmänner auf ein Werk lenken, welches, wie ich glaube, durch die Reichhaltigkeit wie durch eigenthümliche Vorzüge des darin enthaltenen Materials geeignet seyn dürfte, bei meteorologischen Untersuchungen vielfache Benutzung zu finden. Es ist dies das *Beobachtungsjournal des Observatoriums auf dem Hohenpeissenberg während des 58 jährigen Zeitraums von 1792 bis 1850*, welches auf Kosten unserer Academie eben im Druck erschienen ist<sup>1)</sup>.

1) Der vollständige Titel ist: »Beobachtungen des meteorologischen Observatoriums auf dem Hohenpeissenberg von 1792 bis 1850, herausgegeben von Dr. J. Lamont. (I. Supplement-Band zu den Annalen der Münchener Sternwarte.) München 1851.«

Der Berg, an dessen Spitze das genannte Observatorium nebst Pfarrhaus und Kirche steht, erhebt sich in Form eines Kegels auf einer Ebene südwestlich von Weilheim am Fusse der Alpen; die Spitze ist 1200 pariser Fuß über der Ebene, und 3000 Fuß über der Meeresfläche. Die isolirte Lage dieses Berges und die Abwesenheit der sonst fast überall so nachtheilig einwirkenden Local-Einflüsse hatte die *Societas Palatina* bestimmt, ein meteorologisches Observatorium hier zu gründen, und Hemmer selbst stellte im Jahre 1780 die Instrumente auf.

Zu dem ersten Vorzuge der Beobachtungen, der aus der örtlichen Lage entsteht, kommt ein zweiter ebenso wichtiger Vorzug, dass nämlich nicht bloß die Instrumente selbst und ihre Aufstellung von 1780 an bis in die neueste Zeit unverändert geblieben sind, sondern auch dieselbe Beobachtungs-Methode den ganzen Zeitraum hindurch beibehalten wurde. Diejenigen, denen aus Erfahrung bekannt ist, welche Nachtheile für die Continuität einer Beobachtungsreihe aus den Aenderungen der Instrumente, der Aufstellung, der Beobachtungsweise hervorgehen, und wie wenige Beobachtungsreihen in dieser Hinsicht von Mängeln oder Unsicherheit frei sind, werden den eben erwähnten Umstand gehörig zu würdigen wissen.

Nach dieser Einleitung will ich nun zu meiner eigentlichen Aufgabe übergehen, und den *jährlichen Gang der Temperatur auf dem Hohenpeissenberge* darstellen, einmal weil ich glaube, dass es nicht ohne Interesse seyn dürfte, die Constanten in einem Falle, wo keine Localeinwirkung stattfindet, kennen zu lernen, dann auch weil ich bei der Berechnungsweise auf mehrere und zwar, nicht unerhebliche Umstände Rücksicht nehmen will, welche, so viel mir bekannt, bisher entweder gar nicht oder in einer für den Calcul minder bequemen Weise berücksichtigt worden sind.

Die Temperatur einer bestimmten Stunde an dem Tage, wo die Länge der Sonne  $= \varepsilon + mt$  ist, kann man bekanntlich ausdrücken durch die Formel:

$a + b \sin(\varepsilon + mt + B) + c \sin[2(\varepsilon + mt) + C] + \dots$   
 $a, b, c, B, C$  sind Constanten,  $t$  ist die Anzahl von Tagen, die seit dem 1. Januar verflossen, und  $m$  die mittlere Bewegung der Sonne =  $0^\circ,985647$ .

Würde man *bestimmte Tage des Jahres* zur Berechnung der Constanten anwenden können, so wäre die Formel in ihrer obigen Gestalt unmittelbar zu gebrauchen; dies ist jedoch nicht der Fall, sondern man muss, um Zahlen, die von zufälligen Einflüssen befreit sind, zu erhalten, die Mittelwerthe gewisser Zeitabschnitte berechnen, und aus diesen die obigen Constanten ableiten. Nimmt man das Mittel aus den Werthen der obigen Reihen für die Gesammtzahl der Tage von  $t$  bis  $t+n$  so erhält man

$$a + \frac{\sin \frac{1}{2}(n+1)m}{(n+1)\sin \frac{1}{2}m} b \sin[\varepsilon + (t + \frac{1}{2}n)m + B] \\ + \frac{\sin(n+1)m}{(n+1)\sin m} c \sin[2\varepsilon + 2(t + \frac{1}{2}n)m + C] + \dots$$

Ich setze nun voraus, dass die Constanten aus den monatlichen Mitteln, die ich mit I, II, III... XII bezeichnen will, berechnet werden sollen. Wären die Monate genau der 12<sup>te</sup> Theil des Sonnenumlaufs, so würde man die Constanten nach der Methode der kleinsten Quadrate durch Benutzung der allgemeinen bekannten Formeln (wie sie z. B. am Ende des II. Bd. von Dove's Repertorium zu finden sind) erhalten. Die eben erwähnte Bedingung findet jedoch nicht statt. Um hierauf Rücksicht zu nehmen, halte ich es für das Bequemste an den Monat-Mitteln die Correctionen anzubringen, die erforderlich sind, damit die Winkel  $\varepsilon + (t + \frac{1}{2}n)m$  gleich  $15^\circ, 45^\circ, 75^\circ \dots$  werden.

Nimmt man ein Schaltjahr und drei gemeine Jahre zusammen, so lassen sich die Correctionen folgendermaßen festsetzen:

|       |           |      |           |        |           |
|-------|-----------|------|-----------|--------|-----------|
| Jan.  | = - 1°,17 | Mai  | = + 0°,32 | Sept.  | = - 0°,43 |
| Febr. | 0 ,00     | Juni | + 0 ,25   | Octbr. | - 0 ,50   |
| März  | + 0 ,35   | Juli | + 0 ,18   | Nov.   | - 0 ,57   |
| April | + 0 ,40   | Aug. | - 0 ,37   | Dec.   | - 0 ,63.  |

Man setze nun:

$$\begin{array}{ll} A = I - XII + VI - VII & A' = I + XII - VI - VII \\ B = II - XI + V - VIII & B' = II + XI - V - VIII \\ C = III - X + IV - IX & C' = III + X - IV - IX. \end{array}$$

$$\begin{array}{l} D = I + III - IV - VI + VII + IX - X - XII \\ E = I - III - IV + VI + VII - IX - X + XII \\ F = I - V + VIII - XII. \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} M = A \sin 15^\circ + B \sin 45^\circ + C \sin 75^\circ & P = D \sin 30^\circ + F \sin 90^\circ \\ N = A' \cos 15^\circ + B' \cos 45^\circ + C' \cos 75^\circ & Q = E \cos 30^\circ \end{array}$$

so hat man zur Bestimmung von  $b$ ,  $c$ ,  $B$ ,  $C$  folgende Gleichungen

$$\begin{array}{l} 5,929 b \cos B = 1,0006 M - 0,0016 N \\ 5,929 b \sin B = 0,0046 M + 0,9994 N \\ 5,720 c \cos C = P + 0,0001 M - 0,0022 N \\ 5,720 c \sin C = Q + 0,0053 M - 0,0044 N. \end{array}$$

Wird ferner das arithmetische Mittel der 12 Monate mit  $a'$  bezeichnet, so hat man

$$a = a' + 0,00062 M + 0,00058 N$$

Die Beobachtungen auf dem Hohenpeilsberge geben folgende monatliche Mittelwerthe<sup>1)</sup>:

|        | 7 <sup>h</sup> Mrg. | 2 <sup>h</sup> Mitt. | 9 <sup>h</sup> Ab. |       | 7 <sup>h</sup> Mrg. | 2 <sup>h</sup> Mitt. | 9 <sup>h</sup> Ab. |
|--------|---------------------|----------------------|--------------------|-------|---------------------|----------------------|--------------------|
| Januar | - 2°,43             | - 0°,83              | - 2°,09            | Juli  | + 11°,38            | + 14°,03             | + 11°,36           |
| Febr.  | - 1,65              | + 0,65               | - 0,99             | Aug.  | 10,94               | 13,71                | 11,22              |
| März   | - 0,22              | 2,91                 | + 0,39             | Sept. | 8,29                | 11,07                | 8,83               |
| April  | + 3,33              | 6,89                 | 4,19               | Oct.  | 4,99                | 7,29                 | 5,38               |
| Mai    | 7,71                | 10,71                | 7,93               | Nov.  | + 1,30              | 2,93                 | + 1,65             |
| Juni   | 9,99                | 12,52                | 9,89               | Dec.  | - 1,06              | 0,30                 | - 0,73             |

1) Das alte Mannheimer Thermometer, womit diese Bestimmungen erlangt worden sind, bedarf, nach einer von mir wiederholt vorgenommenen Untersuchung, einer Correction von - 0°,50. — Bei dieser Gelegenheit will ich auch bemerken, dass die gewöhnlich in Lehrbüchern enthaltenen Regeln hinsichtlich der Festsetzung des Eispunktes zum Theil zu ungenauen Resultaten führen. Ich behalte mir vor später eine umständliche Mittheilung hierüber zu machen, um so mehr als der Gegenstand für die Meteorologie von wesentlichem Belange ist.

Daraus ergiebt sich nach den obigen Formeln für

7<sup>h</sup> Morg.

$$\begin{array}{ll} a = +4^{\circ}35 & a = +6^{\circ}82 \\ b = -7,081 & b = -7,547 \\ c = +0,401 & c = +0,469 \end{array} \quad \begin{array}{ll} B = +69^{\circ}17' & B = +73^{\circ}37' \\ C = +37\ 6 & C = -40\ 8 \end{array}$$

2<sup>h</sup> Mitt.

9<sup>h</sup> Ab.

$$\begin{array}{ll} a = +4^{\circ},72 & \\ b = -6,879 & B = +69^{\circ}40' \\ c = +0,318 & C = -6,36 \end{array}$$

Schliefslich will ich noch bemerken, daß die hier entwickelten Reihen zu einer ziemlich umfassenden Arbeit gehören, die ich unternommen habe, um zu entscheiden, in wie fern die Hohenpeissenberger Beobachtungen eine Bestätigung der Untersuchung des Hrn. Buys-Ballot gewähren, wonach eine mit der Rotationszeit der Sonne zusammentreffende Periode in der Temperatur der Luft sich zeigen soll. Das Resultat hoffe ich demnächst bekannt machen zu können.

München, im Februar 1852.

## XII. Ueber die quantitative Bestimmung des Schwefels in organischen Substanzen; von W. Heintz.

Die Methoden, welche bisher angewendet worden sind, um die Menge des Schwefels in organischen Substanzen zu bestimmen, geben, wie ich dies schon in einem früheren Aufsatze dargethan habe<sup>1)</sup>), nicht hinreichend genaue oder mindestens nicht sichere Resultate, weil sie die Bildung schwefelhaltiger flüchtiger Producte gestatten, welche sich schon bei einer Temperatur, bei welcher die zur Zersetzung angewendete organische Substanz sie noch nicht so zerstören konnte, um allen Schwefel an sich zu reissen, verflüchtigen können. Nur die von Kemp vorgeschlagene Methode

1) Pogg. Ann. Bd. 71, S. 145.\*

vermeidet diesen Uebelstand vollkommen, ist aber andererseits sehr unbequem. Sie schreibt nämlich vor, die schwefelhaltige Substanz in einem an einem Ende zugeschmolzenen Glasrohre mit einer Mischung von kohlensaurem und chlorsaurem Kali zu mengen und zu erhitzen. Sorgt man dafür, daß das offene Ende des Rohrs, welches reines oder nur mit wenigem chlorsauren Kali gemischtes kohlensaures Kali enthält, zuerst ins Glühen gebracht wird, ehe die Mischung erhitzt wird, so kann keine Spur von Schwefel verloren gehen. Allein das kohlensaure Kali greift das Glas an, und man muß, ehe man die erzeugte Schwefelsäure bestimmen kann, die Kieselsäure abscheiden, was namentlich deshalb seine Schwierigkeiten hat, weil die Menge des anzuwendenden kohlensauren Kalis nicht unbedeutend ist, weshalb die Verdunstung aller Feuchtigkeit aus der sauergemachten Lösung desselben mit Hülfe des Wasserbades äußerst langwierig ist.

Darum habe ich die in dem oben schon erwähnten Aufsatze beschriebene Methode geprüft, und ihre Brauchbarkeit erwiesen. Aber auch diese Methode hat einige Unbequemlichkeiten, namentlich wenn man die so sehr schwefelarmen Proteïnsubstanz mit ihrer Hülfe auf ihren Schwefelgehalt untersuchen will. Von diesen muß man nämlich, will man hinreichend genaue Resultate erhalten, mindestens 0,8 bis 1,0 Grm. zu dieser Untersuchung verwenden. Die bloße Verbrennung einer solchen Menge organischer Substanz würde aber, wenn man nicht Gefahr laufen will, daß etwas schweflige Säure unabsorbirt durch die in dem Kugelapparate enthaltene Kalilösung hindurchströmt, mindestens 4 bis 5 Stunden dauern. Während dieser Zeit müßte man der Verbrennung stets sorgsame Aufmerksamkeit widmen. Außerdem ist die Menge des anzuwendenden Kupferoxyds so bedeutend, daß seine Lösung in Salzsäure und chlorsaurem Kali nicht wenig Zeit erfordert.

Deshalb wäre es sehr wünschenswerth, eine noch einfachere aber ebenso sichere Methode, den Schwefel in or-

ganischen Substanzen seiner Menge nach zu bestimmen, zu besitzen.

Die in neuerer Zeit von Debus<sup>1)</sup> beschriebene Methode befriedigt jedoch das Bedürfnis durchaus nicht. Sie ist wohl noch umständlicher zu nennen, als die von mir beschriebene. Sie besteht im wesentlichen darin, dass man sich zur Verbrennung der organischen Substanz eines Gemenges von zwei Aequivalenten neutralen chromsauren Kalis und einem Aequivalent kohlensauren Kalis bedient. Hierbei bildet sich jedoch schwefelsaures Chromoxyd, das sich nicht auflöst, und das durch Schmelzen mit kohlensaurem und chromsaurem Kali noch besonders aufgeschlossen werden muss. Hieraus schon ist die Unstndlichkeit der Methode ersichtlich.

Das Bedürfnis einer bequemeren und doch auch sicheren Methode, den Schwefel in organischen Substanzen zu bestimmen, ist daher auch durch die Methode von Debus nicht befriedigt.

Ich kam auf den Gedanken, die von Bunsen<sup>2)</sup> beschriebene Methode, das Verhältnis von Kohlenstoff und Stickstoff in einer organischen Substanz zu bestimmen, auch auf die Schwefelbestimmung anzuwenden, und das Resultat eines Versuchs war recht befriedigend. Derselbe wurde, wie folgt, ausgeführt:

In ein weites, an einem Ende in ein dünnes Rohr so ausgezogenes Verbrennungsrohr, das die Wände dieses letzteren auch an dieser Stelle möglichst dick erhalten wurden, bringt man die Mischung der Substanz mit nur wenig mehr Kupferoxyd, als zu ihrer vollständigen Verbrennung gerade hinreicht. Darauf zieht man auch das andere Ende des Rohrs in derselben Weise zu einem dünnen Rohre aus, und lässt nun Sauerstoffgas durch dasselbe strömen, bis die atmosphärische Luft entfernt ist. Darauf schmilzt man die Röhrchen an beiden Enden des

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 76, S. 88. \*

2) Suppl. zum Handwörterb. der reinen und angew. Chemie red. von H. Kolbe, S. 200. \*

Verbrennungsrohrs ab, so dass dieses luftdicht verschlossen ist. Dieses Rohr behandelt man genau so, wie es Bunsen angiebt. Man legt es in eine mit einer Mengung von Gypsbrei und klein geschnittenen Kuhhaaren gefüllte, aus zwei an einander preisbaren Hälften bestehende cylindrische eiserne Hülse, die man in einem geeigneten Ofen einer andauernden mäfsigen Hitze aussetzt. Dadurch muss die ganze Menge der organischen Substanz verbrennen, und es muss sich schwefelsaures Kupferoxyd bilden, das zwar bei zu starker Hitze in schwefelige Säure, Sauerstoff und Kupferoxyd zerfallen könnte, sich aber beim allmälichen Erkalten durch Einwirkung der gebildeten schwefligen Säure auf das Kupferoxyd wieder erzeugen müfste. Unter Umständen könnte sich freilich auch schwefligsaures Kupferoxyd oder selbst Schwefelkupfer bilden. Nachdem das Ganze wieder erkaltet ist, reinigt man das Rohr sorgfältig von dem anhängenden Gyps und sprengt es aus einander, was am besten durch einen Feilstrich und Abbrechen auszuführen ist. Man schüttet nun die im Rohre befindliche Substanz in eine Schale, löst den Anteil derselben, welcher sich aus demselben nicht hat entfernen lassen, in einer heissen Mischung von Salzsäure und chlorsaurem Kali auf, und gießt diese Lösung gleichfalls in die Schale. Das Rohr spült man mit dieser Mischung noch einige Male aus, worauf man durch Wärme die Lösung des Kupfers und Kupferoxyds in der Schale befördert. Ist dies geschehen und die Lösung ganz klar, was der Fall seyn muss, wenn das Kupferoxyd rein war, so kann man sie sogleich mit einer stark verdünnten Lösung von Chlorbaryum versetzen, und dadurch die gebildete Schwefelsäure als schwefelsaure Baryterde fallen, die auf bekannte Weise zur Wägung gebracht wird. Sollte jene Lösung dagegen nicht ganz klar seyn, so muss sie erst filtrirt, und erst das Filtrat durch Chlorbaryum gefällt werden.

Auf diese Weise erhielt ich aus 0,2597 Grm. Taurin 0,483 Grun. schwefelsaure Baryterde. Dies entspricht 0,0664

Grm. oder 25,57 Proc. Schwefel. Die Theorie verlangt 25,60 Proc.

Die Uebereinstimmung des gefundenen Resultats mit der Berechnung kann nicht genauer seyn. Demnach war es nur zweifelhaft, ob es gelingen würde, so grosse Mengen organischer Substanz, als man zur Bestimmung der Menge des Schwefels in den Proteïnsubstanzen anwenden müfste, auf diese Weise zu verbrennen, ohne Gefahr zu laufen, dass die sich bildenden Gase ungeachtet des umhüllenden Gypses das Glasrohr zersprengten. Mehrere Versuche überzeugten mich, dass bei den Dimensionen, welche ich dem zur Verbrennung dienenden Rohre geben konnte, der Versuch nicht gelingen könne. Es ist aber nicht zu bezweifeln, dass wenn man bei Verbrennung von etwa 0,8 Grm. einer Proteïnsubstanz dem Verbrennungsrohr ein Volumen von etwa 1000 Kubikcentimetern giebt, der Versuch gelingen muss, denn in diesem Falle kann der Druck von Innen nach Außen nicht so groß seyn, um das Rohr zu zersprengen. Freilich muss man dafür Sorge tragen, dass die Hitze nicht zu groß wird. Denn sonst würde ein Ausblasen des Rohrs ungeachtet des umhüllenden Gypses stattfinden können. Man hat nicht leicht zu befürchten, zu geringe Hitze anzuwenden, da das Sauerstoffgas, womit das Rohr gefüllt ist, schon bei geringer Wärme unter starker Wärmeentwicklung die organische Substanz vollständig verbrennen muss.

Da jedoch die Apparate zu einer so auszuführenden Analyse nicht in Jedermann's Händen sind, und man namentlich die zur Verbrennung dienenden Glasmäntel erst besonders in der Glashütte würde anfertigen lassen müssen, so habe ich noch eine andere Abänderung der von mir früher angegebenen Methode geprüft, und sie vollkommen brauchbar gefunden. Sie ist folgende:

Ein etwa 3 bis 4 Fuß langes Verbrennungsrohr wird an dem einen Ende zugeschmolzen. Etwa 12 Zoll von diesem Ende biegt man es, ohne es wesentlich zu verengen, in einen Bogen, so dass die Schenkel, welche an diese

Biegung stossen etwa einen Winkel von  $90^{\circ}$  bis  $100^{\circ}$  bilden. Etwa 4 Zoll von dieser Biegsungsstelle biegt man das Rohr auf dieselbe Weise noch einmal jedoch nach der entgegengesetzten Richtung hin, so dass der erste und letzte Schenkel nahezu parallel sind. Sie müssen nach der Mündung des Rohrs hin ein wenig convergiren. Ist dies geschehen, so schüttet man in das Rohr die sorgfältig mit Kupferoxyd gemischte, vorher genau gewogene Substanz. Das Kupferoxyd, welches man benutzt, muss natürlich gänzlich von Schwefelverbindungen frei seyn. Zu der erwähnten Mischung wendet man etwa so viel Kupferoxyd an, als zur vollständigen Verbrennung der organischen Substanz genügen würde. Durch Neigen und Klopfen des Rohrs gelingt es fast die ganze Menge der Mischung in den Schenkel zu bringen, welcher sich dem zugeschmolzenen Ende zunächst befindet. Mit wenig Kupferoxyd spült man die organische Substanz nach, wiederholt dies aber so oft, bis man etwa noch einmal so viel dieses Oxydes in das Rohr gebracht hat, als zur vollständigen Verbrennung der angewendeten Substanz nöthig wäre. Man sorgt dafür, dass die zuletzt eingebrachte Kupferoxydportion sich nicht mit der Mischung mengt.

Darauf zieht man das offene Ende des Röhres zu einem dünnen Rohr aus, so dass das Ganze die Form der Fig. 5 Taf. II. erhält. Man vertheilt nun die Mischung der Substanz und das Kupferoxyd in dem Schenkel c so, dass dieses vor jenem zu liegen kommt und fast dieser ganze Schenkel davon eingenommen ist. Durch die Öffnung a gießt man nun etwa 20 bis 40 Grm. (je nachdem man wenig oder viel der organischen Substanz zur Untersuchung genommen hat) einer ziemlich starken von allen Schwefelverbindungen freien Kalihydratlösung so in das Rohr, dass diese Flüssigkeit nur den zunächst befindlichen längsten Schenkel desselben b benetzen kann. In dieser Lage bringt man den Schenkel c, welcher die Substanz enthält, in einen Liebig'schen Ofen oder über eine Verbrennungslampe. Darauf spült man aus dem Röhrenende a

durch destillirtes Wasser die Kalilösung fort, trocknet es mit Hülfe von Fließpapier und gelinder Wärme, und biegt es dann, ohne im übrigen die Lage der Schenkel *b* und *c* zu verändern, an der verdünnten Stelle so um, dass die Mündung *a* nach unten gekehrt ist. Die Form des Rohrs ist daher nun die durch Fig. 2 Taf. II. dargestellte. Die Mündung *a* wird in ein Bechergläschen eingesenkt, so dass sie durch eine kleine Menge darin enthaltener Kalilösung gesperrt wird. Man bringt nun das Kupferoxyd zum Glühen, und erhitzt dann allmälig die Mengung desselben mit der organischen Substanz. Die Verbrennung darf so schnell geleitet werden, dass sie, bei Anwendung von etwa 0,8 bis 1,0 Grm. Substanz, etwa in einer Stunde vollendet ist. Die sich bildende Kohlensäure und schweflige Säure werden schon von der im Rohre befindlichen Kalilauge absorbiert und nur das Stickstoffgas tritt durch das in dem Bechergläschen befindlichen Kali aus. Dieses riecht freilich noch etwas brenzlich, enthält aber keinen Schwefel, wie dies die Resultate der von mir ausgeführten Versuche beweisen. Bei der beschriebenen Vorrichtung des Verbrennungsrohrs kann auch nicht ein Verlust in Form von Schwefelsäure stattfinden, die sich, wenn der Apparat aus mehreren Theilen bestände, an den Verbindungsstellen derselben, dem Kork oder Kautschukrohre, ansammeln und durch Einziehen in dieselben verloren gehen könnte.

Ist die Verbrennung vollendet und das Rohr erkaltet, so bespritzt man die dem glühenden Schenkel zunächst befindliche Biegung desselben, nachdem sie erhitzt worden ist, mit Wasser, wodurch es hier aus einander gesprengt wird. Gegen jeden Substanzverlust hierbei kann man sich leicht schützen. Darauf schüttet man das Gemisch von Kupfer und Kupferoxyd in eine geräumige Porcellanschale, löst den Rest desselben, welchen man nicht hat aus dem Rohre entfernen können, innerhalb desselben in einer heißen Mischung von chlorsaurem Kali und Salzsäure auf und übergießt damit das ausgeschüttete Kupferoxyd, während die Schale mit einem uhrglasförmigen Deckglase be-

deckt ist. Die Kalilösung, sowohl die, welche sich in dem Rohre selbst befand, als auch die, durch welche die ausströmenden Gase hindurchstreichen mussten, tropft man allmälig in eine heiße Lösung von chlorsaurem Kali und Salzsäure, mischt diese Flüssigkeit zu der in der Schale befindlichen hinzu und erhitzt die Masse, bis die Lösung erfolgt ist. Sollte die Lösung nicht ganz klar seyn, so filtrirt man sie, fällt dann die Schwefelsäure durch Chlorbaryum und bestimmt die Menge des schwefelsauren Baryts auf die bekannte Weise.

Nach dieser Methode habe ich mehrere Versuche mit Fibrin und einen mit Taurin ausgeführt, welche zu sehr befriedigenden Resultaten geführt haben. Ich muss jedoch vorher bemerken, dass das zu diesen Versuchen verwendete Kupferoxyd nicht ganz frei von Schwefel war. Obgleich nämlich das metallische Kupfer und die Salpetersäure, welche zu seiner Darstellung gedient hatten, vollkommen von Schwefelverbindungen frei waren, so enthielt dennoch das Kupferoxyd eine Spur davon, die ohne Zweifel Schwefelsäure- oder Schwefelwasserstoffdämpfen, welche während seiner Darstellung in dem Laboratorium erzeugt worden seyn mochten, ihren Ursprung verdankt. Ich habe bei den folgenden Versuchen diese Menge auf eine einfache Weise in Abzug gebracht. Ich wendete nämlich zu denselben gewogene Mengen Kupferoxyd an und bestimmte durch einen besonderen Versuch den Schwefelgehalt desselben. 15 Grm. desselben lieferten nämlich, nachdem sie in Salzsäure und chlorsaurem Kali gelöst und die Lösung durch Chlorbaryum gefällt worden war, 0,030 Grm. schwefelsaure Baryterde. Die Menge des bei den folgenden Versuchen angewendeten Kupferoxyds betrug stets 15 Grm., es mussten demnach von der gefundenen Menge schwefelsaurer Baryterde 0,03 Grm. abgezogen werden.

I. 0,827 Grm. Fibrin gaben nach Abzug jener 0,03 Grm. 0,0957 Grm. schwefelsaure Baryterde. Dies entspricht 0,0131 Grm. oder 1,58 Proc. Schwefel.

II. Aus 0,8345 Grm. desselben Fibrins wurden erhalten

**0,0991 Grm. schwefelsaure Baryterde, entsprechend 0,0136 Grm. oder 1,63 Proc. Schwefel.**

**III. 0,8115 Grm. von demselben Fibrin lieferten 0,0933 Grm. schwefelsaure Baryterde, entsprechend 0,0128 Grm. oder 1,58 Proc. Schwefel.**

**IV. 0,6713 Grm. Taurin gaben 1,254 Grm. schwefelsaure Baryterde. Dies entspricht 0,1724 Grm. oder 25,68 Proc. Schwefel.**

Die Uebereinstimmung der drei ersten Versuche unter sich, sowie der Umstand, dass nach dieser Methode mehr Schwefel in dem Fibrin gefunden worden ist, als man bisher darin angab, deuten schon auf die grösere Genauigkeit derselben hin. Aber der vierte Versuch zeigt entschieden, dass bei Anwendung derselben kein Verlust von Schwefel eintreten kann. Denn der gefundene procentische Gehalt des Taurins an Schwefel 25,68 stimmt so nahe, als man es nur erwarten kann, mit dem berechneten (25,60 Proc.) überein.

Ich habe nur noch hinzuzufügen, dass der unter III. angegebene Versuch in sofern etwas abgeändert worden war, als in die zugeschmolzene Spitze des Verbrennungsrohrs, bevor die Substanz eingebracht wurde, so viel chlorsaures Kali eingeschmolzt worden war, als fast zur vollständigen Verbrennung der organischen Substanz genügt haben würde. Nach vollendetem Verbrennen wurde durch Erhitzen desselben das reducirete Kupfer wieder in Kupferoxyd verwandelt. Ich hoffte dadurch leichtere Auflöslichkeit des Inhalts des Rohrs zu erzielen. Es fand jedoch gerade das Gegentheil statt. Durch die bei jener Oxydation erzeugte starke Hitze schmilzt oder sintert wenigstens das Kupferoxyd so zusammen, dass es sich nur sehr langsam auflöst. Ich bin daher bei der oben beschriebenen Methode stehen geblieben.

**XIII. Ueber ein neues Verfahren bei der Abscheidung des Arseniks aus organischen Substanzen.**

---

Die Ausscheidung des Arseniks aus organischen Substanzen, besonders wenn diese schon in Fäulniss übergegangen sind, wie dies namentlich bei ausgegrabenen Leichnamen der Fall ist, ist auch noch jetzt sehr umständlich, und kann, wenn sie von einem Ungeübten ausgeführt wird, leicht zu unrichtigen Resultaten Veranlassung geben.

Die Zerstörung der organischen Stoffe vermittelst oxydirender Substanzen kann selten so vollkommen geschehen, daß nicht durch die Gegenwart des noch unzerstörten organischen Stoffs Täuschungen in dem Verhalten gegen Reagentien entstehen können. Es ist bekannt, daß Fleisch, wenn es viel Fett enthält, mit Salpetersäure behandelt, eine Flüssigkeit geben kann, welche auch bei Abwesenheit von Arsenik vermittelst Schwefelwasserstoffgas einen gelben Niederschlag giebt, der viel Aehnlichkeit mit dem Schwefelarsenik hat.

Hr. Schneider, Privatdocent an der Universität zu Wien, hat eine Methode zur Isolirung des Arseniks, wenn dasselbe mit großen Mengen organischer Substanz gemengt ist, bekannt gemacht<sup>1)</sup>, welche sehr zweckmäßig zu seyn scheint. Sie beruht auf der Eigenschaft der arsenichten Säure bei Gegenwart von Chlormetallen und Schwefelsäure sich in Chlorarsenik zu verwandeln, das sich mit den Dämpfen der Chlorwasserstoffsäure schon bei einer Temperatur unter 100° C. verflüchtigt. Durch Destillation kann man daher das gebildete Chlorarsenik von den organischen Stoffen leicht trennen.

Vielfache Versuche haben gezeigt, daß die Gegenwart organischer Substanzen, selbst wenn diese in überwiegender Menge vorhanden sind, die Bildung des Chlorarseniks nicht hindern, und daß alle arsenichte Säure auf diese

1) Berichte der Academie der Wissenschaften zu Wien. 1851.

Weise von der organischen Substanz isolirt erhalten werden kann. Die Bedingungen des Gelinges sind, dass das Arsenik oxydirt oder als Chlorid, und dass eine andere oxydirende Substanz nicht vorhanden sey. So destillirt z. B. wenn viel Salpetersäure vorhanden ist, kein Chlorarsenik ab.

Die Operation wird auf folgende Weise ausgeführt: Man bringt die zu untersuchende Substanz, in grobe Stücke zerschnitten, in eine tubulirte Retorte, fügt Stücke von geschmolzenem Chlornatrium hinzu, und soviel Wasser, dass das Gemenge mit letzterem überdeckt wird. In dem Tubus der Retorte bringt man eine Welter'sche Trichterröhre an, um concentrirte Schwefelsäure in kleinen Portionen eintragen zu können. Mit der Retorte verbindet man einen kleinen tubulirten Ballon, und diesen vermittelst einer zweischenklichen Glasröhre mit einem Kölbcchen. Der Ballon ist leer, das Kölbcchen enthält etwas destillirtes Wasser und wird gut abgekühlt, um die Absorption der Chlorwasserstoffssäure zu begünstigen. Man erwärmt die Retorte sehr langsam. Gewöhnlich steigt zuerst ein weißer dichter Nebel auf, der in dem Retortenhalse zu öligten Tropfen zusammenfließt und in dem Ballon sich zu einer schweren Flüssigkeit verdichtet, zugleich destillirt wässrige Chlorwasserstoffssäure ab. Sehr fettreiche Substanzen geben zuweilen bei dieser Operation einen flüchtigen Körper ab, der in dem gut abgekühlten Kölbcchen zu weissen Schüppchen sich verdichtet. Man setzt das Kochen so lange fort, als eine vom Destillat genommene Probe mit Schwefelwasserstoffwasser eine gelbe Färbung erzeugt. Vortheilhaft ist es eher überschüssiges Kochsalz, als überschüssige Schwefelsäure in der Retorte zu haben, weil dadurch die Entstehung von schweflicher Säure vermieden wird, welche das Destillat zur unmittelbaren Untersuchung im Marsch'schen Apparat ungeeignet macht. Aus demselben Grunde ist es auch anzurathen, mit Wasser einen dünnflüssigen Brei zu bilden. Geschmolzenes Chlornatrium giebt eine constantere, und länger anhaltende Gasentwick-

lung; übrigens erhält man auch mit gewöhnlichem Kochsalz gute Resultate. Bei einer genügenden Menge Wasser findet immer ein nur mäfsiges Aufschäumen statt, und die Destillation geht ruhig ohne besonderes Aufstoßen vor sich. In dem Rückstande in der Retorte lässt sich, nach vollkommener Zerstörung der organischen Substanz, vermittelst des Marsch'schen Apparats kein Arsenik nachweisen. Da also die Isolirung des letzteren vollkommen gelingt, so eignet sich diese Methode auch zur quantitativen Bestimmung des Arseniks, welche von den gerichtlichen Behörden verlangt wird. Man braucht nur die abdestillirte Flüssigkeit vermittelst Salpetersäure oder besser vermittelst chlorsaurem Kalis sehr vorsichtig zu oxydiren, um die so erhaltene Arseniksäure als arseniksaure Ammoniak-Magnesia zu fällen. Ist man sicher, keine organische Substanz im Destillate zu haben, was bei vorsichtiger Destillation gewöhnlich der Fall ist, so kann auch vermittelst Natrium-goldchlorids aus der Menge des gefällten Goldes der Gehalt der Flüssigkeit an arsenicher Säure berechnet werden.

Die Ausmittlung des Arseniks nimmt nach diesem Verfahren nicht viel mehr als anderthalb oder zwei Stunden in Anspruch.

---

#### XIV. Ueber den Childrenit; von C. Rammelsberg.

---

Zu den seltensten und in chemischer Beziehung fast ganz ungekannten krystallisirten Mineralien gehört der *Childrenit*, welcher auf einem Gang der George- und Charlotte-Grube bei Tavistock in Devonshire, begleitet von Spatheisenstein, Quarz und Kupferkies vorkommt, und nur noch bei Callington in Cumberland sich gefunden haben soll.

Durch gesällige Mittheilung des Minerals von Seiten der HH. Brooke, Krantz und Lettsom bot sich die

Gelegenheit, die Eigenschaften dieser Substanz näher zu untersuchen.

Die Krystalle bestehen vorherrschend aus einem Rhombenoktaëder, dessen Winkel, nach den Messungen von Brooke<sup>1)</sup>, in den Seitenkanten =  $97^\circ 50'$ , in den schärferen Endkanten =  $120^\circ 30'$  und in den stumpferen =  $130^\circ 20'$  sind. Nimmt man dies als das Hauptoktaëder  $a:b:c$ , so sind die Winkel der drei zugehörigen Paare:

$$a:b:\infty c = 112^\circ 6' \text{ an } a, \text{ und } 67^\circ 54' \text{ an } b$$

$$b:c:\infty a = 114^\circ 50' \text{ " } c, \text{ " } 65^\circ 10' \text{ " } b$$

$$a:c:\infty b = 92^\circ 48' \text{ " } c, \text{ " } 87^\circ 12' \text{ " } a.$$

Diese Prismen sind indessen an den Krystallen noch nicht beobachtet worden. Aus ihnen folgt das Axenverhältniss

$$a:b:c = 0,67113 : 1 : 0,63912$$

d. h. annähernd ist  $a=c$ , und jedes =  $\frac{2}{3}b$ .

Die Krystalle zeigen außerdem die Endfläche =  $c:\infty a : \infty b$ , ferner  $b:\infty a:\infty c$ , sowie eine auf letztere aufgesetzte Zuschärfung =  $b:3c:\infty a$ , welche unter  $62^\circ 27'$  gegen die Axe  $b$  geneigt ist. Endlich beobachtet man ein stumpfes Oktaëder, dessen Combinationskanten mit dem Hauptoktaëder den Seitenkanten des letzteren parallel gehen. Da die Neigung in jenen Kanten =  $173^\circ 37'$  ist, so ergiebt sich das Zeichen  $a:b:\frac{4}{3}:c$ , und es sind die Winkel in den Seitenkanten =  $85^\circ 3'$ , in den schärferen Endkanten =  $111^\circ 42'$ , und in den stumpfen =  $135^\circ 56'$ .

Die Krystalle sind spaltbar nach  $a:b:c$  und  $b:\infty a:\infty c$ . Ihre Farbe ist gewöhnlich gelbbraun, schwarzbraun, schwärzlich. Sie sind durchsichtig, besitzen lebhaften Glasglanz, eine Härte = 5, und geben ein gelbliches Pulver. Sie haben in der Regel nur eine geringe Grösse, und sitzen drusenartig vereinigt oder als Ueberzug auf Spattheisenstein, der mit Quarz, Kupferkies und Eisenkies verwachsen ist.

Das specifische Gewicht fand ich an grobem Pulver = 3,28, und bei einem zweiten Versuch mit möglichst reinem Material = 3,247.

1) *Quart. Journ. of Sc. XVI.* 274. Haidinger in diesen Ann. Bd. 5, S. 163.

### Chemische Untersuchung.

Unsere Kenntnisse von der chemischen Natur des Childrenits beschränken sich bisjetzt auf die Angabe Wollaston's, daß das Mineral Phosphorsäure, Thonerde und Eisen enthalte. Eine Analyse ist mir nicht bekannt geworden.

Beim Erhitzen giebt der Childrenit ziemlich viel Wasser. Vor dem Löthrore schwillt er zu einzelnen Verästelungen auf, färbt die Flamme deutlich blaugrün, und bildet eine zerklüftete theils schwarze, theils braunrothe an den Kanten abgerundete Masse. Mit Flüssen reagirt er auf Eisen und Mangan.

In Chlorwasserstoffsäure löst sich das feine Pulver bei anhaltender Digestion auf; gewöhnlich bleibt dabei ein geringer hauptsächlich aus Quarz bestehender Rückstand. Die Auflösung erhält zuletzt eine schwach gelbliche Farbe. Ammoniak bewirkt in ihr einen voluminösen dunkel schwärzlich-grünen Niederschlag, welcher an der Luft braun wird, und aus Phosphorsäure, Thonerde und den Oxyden des Eisens und Mangans besteht. In dem Filtrat findet man nur Phosphorsäure, kein Alkali. Eine frisch bereitete Auflösung des Minerals reagirte stark auf Eisenoxydul, schwach auf Eisenoxyd.

Beim Glühen in einem bedeckten Platintiegel verliert der gepulverte Childrenit sein Wasser. In einem Versuche, wo das Material nicht frei von Kupferkies war, betrug der Gewichtsverlust 16,35 Proc., während etwas schweflige Säure entwich. Bei Anwendung möglichst reinen Materials war jener = 16,30 Proc. Das geglühte Pulver ist blauroth, im Innern schwarz; durch Zutritt von Luft beim Glühen wird es durchgängig roth.

Der Gewichtsverlust ist gleich dem Wassergehalt des Minerals weniger dem Sauerstoff, welchen das Eisenoxydul (und das Manganoxydul) bei seiner Verwandlung in Oxyd aufgenommen hat.

Da die Childrenitkrystalle sehr fest auf ihrer Unterlage von Spatheisenstein, Quarz und Kupferkies aufsitzen, so

ist es schwierig, eine hinreichende Menge ziemlich rein abzusondern.

Bei der ersten Analyse wurde das geeglühte Mineralpulver mit kohlensaurem Natron geschmolzen und wie ein Silicat behandelt. Der durch Ammoniak gefällte Niederschlag wurde wiederholt mit Kali ausgekocht, und so dann mit Ammoniumsulfhydrat digerirt, um alle Phosphorsäure auszuziehen. Aus der Kaliauflösung fällt man nach dem Uebersättigen durch Chlorwassersäure mit Ammoniak phosphorsaure Thonerde, bestimmte im Filtrat den Rest der Phosphorsäure, löste den geeglühten Niederschlag in Säure auf, und schlug durch Chlormagnesium die Phosphorsäure nieder.

1,229 Grm. gaben auf diese Art:

|               |         |         |
|---------------|---------|---------|
| Kieselsäure   | 3,82    | oder    |
| Phosphorsäure | 28,24   | 29,36   |
| Thonerde      | 18,06   | 18,77   |
| Eisenoxydul   | 29,58   | 30,75   |
| Manganoxydul  | 5,89    | 6,12    |
| Kupferoxyd    | 0,65    | 0,66    |
| Glühverlust   | 16,35   | 17,00   |
|               | 102,59. | 102,66. |

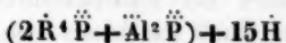
Bei einer zweiten Analyse wurden zuvörderst 0,454 ge-glüht, wobei sie 0,074 verloren.

Sodann digerirte man 2,804 Grm. mit Chlorwasserstoff-säure, wobei 0,113 Rückstand blieben. Die im Wasser-bade abgedampfte Auflösung wurde mit Ammoniak und Schwefelammonium behandelt, der Rückstand in Säure aufgelöst, die Lösung oxydiert, mit Ammoniak gefällt, und der geeglühte Niederschlag durch Schmelzen mit Kieselsäure und kohlensaurem Natron analysirt.

Nach Abzug des Rückstandes gab diese mit reinerem Material ausgeführte Analyse:

|               |               | Sauerstoff. |
|---------------|---------------|-------------|
| Phosphorsäure | 28,92         | 16,20       |
| Thonerde      | 14,44         | 6,74        |
| Eisenoxydul   | 30,68         | 6,81        |
| Manganoxydul  | 9,07          | 2,03        |
| Talkerde      | 0,14          | 0,14        |
| Wasser        | 16,98         | 15,09       |
|               | <hr/> 100,23. |             |

Die Sauerstoffmengen stehen hier in dem Verhältnis von  $2,4 : 1 : 1,32 : 2,24$ . Setzt man dafür  $2,5 : 1 : 1,32 : 2,5 = 15 : 6 : 8 : 15$ , wozu man um so mehr berechtigt ist, als der Glühverlust nicht den ganzen Wassergehalt geben konnte, so besteht der Childrenit aus 8 At. R, 2 At. Thonerde, 3 At. Phosphorsäure und 15 At. Wasser, und lässt sich als



bezeichnen.

Das erste Glied dieser Formel ist in dem *Triphylin* enthalten (s. die nachfolgende Abhandlung), angeblich bildet es auch den *Triplite*. Das zweite Glied bildet mit einem Drittel des Wassergehaltes den *Kalait*.

## XV. Ueber den *Triphylin* von Bodenmais; von C. Rammelsberg.

Fuchs hat dieses durch seinen Lithionengehalt ausgezeichnete Phosphat zuerst beschrieben und untersucht<sup>1)</sup>). Später ist die Analyse nur von Baer wiederholt worden<sup>2)</sup>), allein beide Untersucher haben sehr abweichende Resultate gefunden:

1) Journ. f. præt. Chem. Bd. 3, S. 98.

2) Archiv der Pharm. Bd. 57, S. 274. Auch a. a. O. Bd. 47, S. 462.

|               | Fuchs. | Baer.   |
|---------------|--------|---------|
| Phosphorsäure | 41,47  | 36,36   |
| Eisenoxydul   | 48,57  | 44,52   |
| Manganoxydul  | 4,70   | 5,76    |
| Kalkerde      | —      | 1,00    |
| Talkerde      | —      | 0,73    |
| Lithion       | 3,40   | 5,09    |
| Natron        | —      | 5,16    |
| Kali          | —      | 1,19    |
| Wasser        | 0,68   | —       |
| Kieselsäure   | 0,53   | 1,78    |
|               | 99,35. | 101,59. |

Die Methode, deren sich Fuchs zur Bestimmung des Alkalis bediente (Zusammenreiben des Mineralpulvers mit salpetersaurem Silberoxyd und Wasser) ist unstreitig nicht genau. Von dem schwefelsauren Salz bemerkte er nur, dass es alle Eigenschaften des schwefelsauren Lithions habe. Da indessen dieses Alkali fast immer von Natron begleitet wird, so musste eine erneuerte Untersuchung darauf Rücksicht nehmen.

Der Triphylin wurde theils mit kohlensaurem Natron geschmolzen, um Phosphorsäure, Eisen und Mangan möglichst genau zu bestimmen, theils in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, mit Ammoniak und Ammoniumsulhydrat digerirt, das Filtrat abgedampft, der bis zur fast vollständigen Entfernung der Ammoniaksalze erhitzte Rückstand aufgelöst, mit essigsaurem Bleioxyd und kohlensaurem Ammoniak zur Abscheidung der Phosphorsäure behandelt, Lithion und Natron aber als Chlortüre durch Aether-Alkohol getrennt.

Das spec. Gew. des Triphylins fand ich = 4,403.

Die Resultate von vier Versuchen sind:

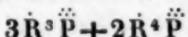
|               | 1.     | 2.    | 3.     | 4.    |
|---------------|--------|-------|--------|-------|
| Phosphorsäure | 39,35  | 41,32 | 40,22  | 41,98 |
| Eisenoxydul   | 41,42  | 42,15 | 37,30  | 39,01 |
| Manganoxydul  | 9,43   | 8,11  | 10,98  | 10,69 |
| Lithion       | 7,08   |       | 7,48   |       |
| Natron        | 1,07   |       | 1,83   |       |
| Kali          | 0,35   |       | 0,82   |       |
| Wasser        | 1,28   |       | —      |       |
| Kieselsäure   | —      | 0,09  | 0,40   |       |
|               | 99,98. |       | 99,03. |       |

Das Mittel ist:

|               |       | Sauerstoff.   |
|---------------|-------|---------------|
| Phosphorsäure | 40,72 | 22,82         |
| Eisenoxydul   | 39,97 | 8,87          |
| Manganoxydul  | 9,80  | 2,19          |
| Lithion       | 7,28  | 4,00          |
| Natron        | 1,45  | 0,37          |
| Kali          | 0,58  | 0,10          |
| Kieselsäure   | 0,25  |               |
|               |       | <hr/> 100,05. |

Baer's Analyse scheint demnach auch in Betreff der Alkalien unrichtig zu seyn.

Da  $22,82 : 15,53 = 5 : 3,4 = 25 : 17,5$ , so lässt sich der Triphylin als ein Doppelsalz



bezeichnen. Wenig davon abweichend, und der Analyse 1. vollkommener entsprechend ist das Verhältnis  $25 : 17,5 = 5 : 3,5$ , welches zu der einfacheren Formel



führt. Fuchs hat das erste Glied allein als den Ausdruck seiner Analyse gegeben.

Die Substanz des Triphylins findet sich häufig im mehr oder minder verwitterten Zustande; alsdann sind Eisen und Mangan als Oxyde, die Alkalien nur in geringer Menge oder gar nicht mehr vorhanden, dafür aber ist Wasser aufgenommen.

So beschreibt Dana<sup>1)</sup>) Krystalle, welche in Begleitung von Spodumen bei Norwich in Massachusetts vorkommen, und als schwarze Prismen erscheinen, deren Kantenwinkel  $128^\circ$  bis  $134^\circ$  gefunden wurde. Die Neigung der Endfläche gegen die Prismenkante wurde bald  $80^\circ$  bis  $97^\circ$ , bald  $90^\circ$  gemessen. Sie zeigen oft parallel der letzteren vollkommene Spaltbarkeit. Ihre Härte ist = 5 oder etwas größer, ihr Strich blauroth. Ihr spec. Gew. beträgt 2,876. Vor dem Löthrohr schmelzen sie leicht unter Aufschwellen

1) *Sill. Amer. Journ. of Sc. II. Ser. XI.* 100.

zu einer schwarzen Masse. Nach zwei Analysen von Craw enthalten sie:

|               | <i>a.</i> | <i>b.</i> | Mittel. | Sauerstoff. |
|---------------|-----------|-----------|---------|-------------|
| Phosphorsäure | 41,35     | 44,64     | 43,00   | 24,10       |
| Eisenoxyd     | 27,36     | 26,02     | 26,69   | 8,01        |
| Manganoxyd    | 24,70     | 23,30     | 24,00   | 7,26        |
| Kalkerde      | 1,97      | 1,61      | 1,79    | 0,51        |
| Lithion       | 2,27      | 2,20      | 2,23    | 1,22        |
| Wasser        | 2,07      | 2,07      | 2,07    |             |
| Unlösliches   | 0,29      | 0,30      | 0,30    |             |
|               | 100,01    | 100,14    | 100,08. |             |

Ein anderes natronhaltiges Phosphat, welches zu Chanteloub bei Limoges vorkommt, und von Damour mit dem Namen *Alluaudit* belegt worden ist<sup>1)</sup>, nelkenbraune Farbe, ein spec. Gew. = 3,468 besitzt, und sich in Chlorwasserstoffsäure unter Entwicklung von Chlor auflöst, hat nach Damour eine ähnliche Zusammensetzung, nämlich:

|               |         |
|---------------|---------|
| Phosphorsäure | 41,25   |
| Eisenoxyd     | 25,62   |
| Manganoxyd    | 26,73   |
| Natron        | 5,47    |
| Wasser        | 2,65    |
| Kieselsäure   | 0,60    |
|               | 102,32. |

Das an dem Fundort des Triphyllins durch Verwittern desselben entstandene schwarze Mineral enthält indessen kein Alkali, sondern besteht nach Fuchs aus:

|               |        |
|---------------|--------|
| Phosphorsäure | 35,70  |
| Eisenoxyd     | 48,17  |
| Manganoxyd    | 8,94   |
| Wasser        | 5,30   |
| Kieselsäure   | 1,40   |
|               | 99,51. |

Der sogenannte *Triplit* von Limoges ist nach Berzelius wasserfrei und enthält beide Metalle als Oxydile;

1) *Ann. Mines, IV. Ser. XIII.*, p. 341.

er ist  $= \text{R}^4\ddot{\text{P}}$ , eine Verbindung, welche im Triphylin (und im Childrenit) enthalten ist.

Die mit dem Namen *Heterosit* bezeichnete Substanz von Limoges scheint im frischen Zustande äußerlich dem Triphylin sehr zu gleichen. Dufrénoy hat sie untersucht, und ich habe ein bräunlich violettes Mineral von demselben Fundort, welches vielleicht mit jenem identisch, nur noch mehr verwittert ist, und ein spec. Gew. = 3,41 besitzt, analysirt.

|               | D.           | R.         |
|---------------|--------------|------------|
| Phosphorsäure | 41,77        | 32,18      |
| Eisenoxydul   | 34,89        | Oxyd 31,46 |
| Manganoxydul  | 17,57        | Oxyd 30,01 |
| Wasser        | 4,40         | 6,35       |
| Kieselsäure   | 0,22         | —          |
|               | <hr/> 98,85. | <hr/> 100. |

Dufrénoy's Heterosit entspricht der Formel  $3\text{R}^5\ddot{\text{P}}^2 + 5\dot{\text{H}}$ , der meinige hingegen  $\text{R}^7\ddot{\text{P}}^4 + 6\dot{\text{H}} = (2\text{R}^2\ddot{\text{P}} + \text{R}^3\ddot{\text{P}}^2) + 6\dot{\text{H}}$ . Diese letztere Mischung ist dadurch bemerkenswerth, dass die Oxydulverbindung, durch deren Oxydation sie wahrscheinlich entstanden ist,  $\text{R}^7\ddot{\text{P}}^2 = \text{R}^3\ddot{\text{P}} + \text{R}^4\ddot{\text{P}}$  seyn würde, was aber die oben von mir vorgeschlagene Formel des Triphylins ist.

---

## XVI. Ueber die Umwandlung der schwefelsauren Alkalien in Chlormetalle; von H. Rose.

---

Man erhält bei den meisten quantitativen Analysen die beiden Alkalien Kali und Natron als schwefelsaure Salze. Wenn man sie dann vermittelst Platinchlorids von einander trennen will, so gehört bei der Trennung derselben im schwefelsauren Zustande mehr Vorsicht und Sorgfalt, als wenn die Alkalien als Chlormetalle angewandt werden können,

und dessen ungeachtet giebt die Trennung nicht so genaue Resultate, wie die Trennung der Chlormetalle. Man verwandelt daher in den meisten Fällen die schwefelsauren Alkalien in Chlormetalle, und bewirkt dann die Trennung vermittelst Platinchlorids genau und ohne Schwierigkeiten.

Diese Umwandlung kann auf verschiedene Weise geschehen, aber immer ist sie zeitraubend und mit Unannehmlichkeiten verknüpft. Gewöhnlich zersetzt man die schwefelsauren Alkalien vermittelst essigsaurer Baryterde in essigsaurer Salze, dann in kohlensaure, und diese endlich in Chlormetalle. Jeder analytische Chemiker, der diese Methode ausgeführt hat, weiss aber, dass die Abscheidung der schwefelsauren Baryterde in diesem Falle schwierig ist; sie hat, wenn sie durch essigsaurer Baryterde gefällt worden, eine grosse Neigung milchicht durchs Filtrum zu gehen, weshalb die Abscheidung derselben sehr zeitraubend ist.

Eine leichtere Umwandlung der schwefelsauren Alkalien in Chlormetalle gelingt bei Anwendung von Salmiak. Ich habe vor einiger Zeit gezeigt, dass das schwefelsaure Kali sich durch Glühen mit Salmiak in Chlorkalium verwandeln lasse, und dass die Umwandlung auch ein genaues Resultat giebt, wenn das Glühen des Gemenges in einem Porcellantiegel, aber nicht in einem Platintiegel vorgenommen wird<sup>1)</sup>.

Das schwefelsaure Natron lässt sich auf dieselbe Weise wie das schwefelsaure Kali in Chlormetall verwandeln. Beim Glühen des Gemenges von schwefelsaurem Natron mit Salmiak in einem Platintiegel bemerkt man ganz dieselben Erscheinungen, wie sie das Gemenge von schwefelsaurem Kali mit Salmiak zeigt. Da beim ersten Glühen des Gemenges nur ein Theil des schwefelsauren Alkalies zersetzt wird, so ist der Rückstand leicht schmelzbar, da eine Mengung von schwefelsaurem Alkali und von alkalischen Chlormetall weit leichter schmilzt, als jedes der Ge-

1) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 568.

mengtheile allein. Es ist deshalb rathsam, um die Einwirkung des Salmiaks beim zweiten Glühen zu befördern, die geschmolzene Masse mit einigen Tropfen Wasser zu befeuchten, und darauf eine Decke von trocknem Salmiakpulver zu bringen. Man muss zuerst bis zur Verflüchtigung des Wassers sehr gelinde erhitzen, und dann erst glühen. Durch das Befeuchten mit Wasser steigt zwar beim Erhitzen die Masse im Tiegel etwas, doch so wenig, dass die Operation mit Genauigkeit und ohne Verlust in einem kleinen Porcellantiegel von gewöhnlicher Grösse ausgeführt werden kann. Nach zweimaligen Glühen mit Salmiak hat der Rückstand so viel Schwefelsäure verloren, dass er im Porcellantiegel nicht mehr gut schmilzt. Dann ist das Befeuchten der Masse mit Wasser nicht mehr nötig, da sie sich nun sehr gut mit Salmiak mengen lässt. Man fährt mit dem Glühen mit Salmiak so lange fort, bis keine Gewichtsabnahme des geglühten Rückstands mehr wahrzunehmen ist.

Hr. Weber erhielt aus 1,321 Grm. schwefelsaurem Natron nach 7 maligem Glühen mit Salmiak im Porcellantiegel 1,083 Grm. Chlornatrium, das in Wasser gelöst durch ein Baryterdesalz keine Reaction auf Schwefelsäure gab. — Jene Menge des schwefelsauren Natrons entspricht 1,087 Grm. Chlornatrium.

Die Resultate, welche durchs Glühen eines Gemenges von schwefelsaurem Kali mit Salmiak erhalten wurden, sind schon früher angegeben worden.

Ein Gemenge von schwefelsaurem Kali und Natron kann also sehr gut vermittelst Salmiaks in Chlormetalle verwandelt werden. Man muss nur dann etwas vorsichtiger seyn, als wenn man jedes der beiden schwefelsauren Alkalien allein der Behandlung mit Salmiak unterwirft, da das Gemenge beider schmelzbarer ist, als jedes der Salze allein. Das Gemenge der entstandenen Chlormetalle ist indessen nicht flüchtiger, als jedes derselben allein, wie ich dies früher gezeigt habe<sup>1)</sup>.

1) Pogg. Ann. Bd. 31, S. 133.

Gewifs aber ist diese Methode der weit vorzuziehen, diese Umwandlung vermittelst essigsaurer Baryterde zu bewirken, welche bei weitem zeitraubender ist, und einige Tage Zeit erfordert, während jene in einigen Stunden vollendet ist.

Man kann indessen vermittelst Salmiak nur die schwefelsauren Salze des Kalis und Natrons in Chlormetalle verwandeln, nicht aber das schwefelsaure Lithion. Denn dieses widersteht mit großer Hartnäckigkeit der Einwirkung des Salmiaks.

0,878 Grm. schwefelsaures Lithion in einem Porcellaniegel einer Hitze ausgesetzt, bei welcher die anderen schwefelsauren Alkalien durch Salmiak zersetzt wurden, konnte dadurch noch nicht zum Schmelzen gebracht werden. Auch mit Salmiak gemengt und geglättet, wurde das schwefelsaure Salz bei den ersten beiden Behandlungen noch nicht zum Schmelzen gebracht, aber es sinterte bei dieser Hitze stark zusammen. Mit Wasser befeuchtet, und dann mit Salmiak geglättet, wurde nach dieser dritten Behandlung endlich das schwefelsaure Salz so weit zerstetzt, daß das erzeugte Chlorlithium mit dem schwefelsauren Salze eine schmelzbare Mengung hervorbrachte, aber bei jedem erneuten Glühen mit Salmiak nahm das Salz anfangs nur um 0,006 bis 0,008 Grm., bei den späteren Behandlungen nur um 0,003 Grm. ab. Nach fünfmaliger Behandlung wog der Rückstand 0,856 Grm.; er hätte nur 0,675 Grm. wiegen müssen, wenn das schwefelsaure Lithion vollständig in Chlorlithium verwandelt worden wäre. — Nach diesen ungünstigen Resultaten wurde der Versuch nicht weiter fortgesetzt.

Da aber bei Analysen einiger in der Natur vorkommenden Silicate, welche alle 3 Alkalien enthalten, wie z. B. einige Arten von Glimmer und die sogenannten Lepidolithe, es von Wichtigkeit ist, die schwefelsauren Verbindungen leicht in alkalische Chlormetalle verwandeln zu können, zumal da gerade bei Anwesenheit von Lithion die Schwierigkeiten bei der Methode vermittelst essigsau-

rer Baryerde noch bedeutend vermehrt werden, indem bei Verwandlung der essigsauren Salze in kohlensaure das Auswaschen des sehr schwer löslichen kohlensauren Lithions von der kohlensauren Baryerde unangenehm und schwer auszuführen ist, so wurde versucht, ob in einer Mengung der drei Alkalien das schwefelsaure Lithion sich vielleicht leichter und vollständiger durch Salmiak zersetzen ließe, als im reinen Zustande, zumal wenn es nur in geringer Menge mit den andern beiden schwefelsauren Alkalien angewandt wird.

Es wurden zu dem Ende gewogene Mengen der drei schwefelsauren Alkalien, mit einander gemengt, der Behandlung mit Salmiak unterworfen. In den Gemenge machte das schwefelsaure Lithion den geringsten Gemengtheil aus. Da die schwefelsauren Alkalien in der Mengung weit leichter schmelzen, als jedes derselben allein, so war schon nach dem ersten Glühen mit Salmiak eine geschmolzene Masse erhalten worden. Sie musste daher bei den ferneren Behandlungen mit Salmiak jedesmal mit etwas Wasser befeuchtet werden. Nach fünfmaliger Behandlung mit Wasser war schon fast die Menge von Chlormetallen erhalten worden, die der Berechnung nach den angewandten schwefelsauren Salzen entsprach. Als aber die erhaltene Masse der Chlormetalle in Wasser gelöst wurde, gab die Auflösung einen starken Niederschlag mit Chlorbaryumlösung.

Die Umwandlung der schwefelsauren Alkalien in alkalische Chlormetalle vermittelst Salmiak ist daher nicht anwendbar, wenn in denselben eine, auch nur geringe Menge von schwefelsaurem Lithion enthalten ist.

Dafs auch die schwefelsaure Magnesia der Zersetzung durch Salmiak widersteht, habe ich schon früher gezeigt<sup>1)</sup>.

1) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 569.

## XVII. Passiver Zustand des Meteoreisens.

(Aus einem Briefe des Prof. Wöhler an den Herausgeber.)

— — Eine sonderbare Beobachtung, die ich gemacht habe, ist: dass das meiste Meteoreisen, welches ich in dieser Hinsicht zu untersuchen Gelegenheit hatte, sich im so genannten passiven Zustand befindet, das heifst, dass es aus einer Lösung von neutralem schwefelsauren Kupferoxyd kein Kupfer reducirt, sondern darin unverkupfert und blank bleibt. Berührt man es aber unter der Lösung mit gewöhnlichem Eisen, so beginnt sogleich auch auf dem Meteoreisen die Reduction des Kupfers. Ebenso wird es augenblicklich reducirend, sobald man der Lösung einen Tropfen Säure beimischt. Feilt man aber das reducirte Kupfer ab, so ist die neue Eisenfläche wieder passiv, wie ich denn überhaupt bei keinem passiven Meteoreisen durch Abfeilen eine active oder reducirende Oberfläche hervorbringen konnte. Durch Versuche an Meteoreisen, welches nie mit Salpetersäure in Berührung und doch passiv war, überzeugte ich mich, dass dieser Zustand nicht etwa durch die Säure, bei Aetzung der Oberfläche zur Hervorbringung der Widmannstätten'schen Figuren, hervorgebracht seyn konnte.

Ich glaubte anfangs, dass man dieses Verhalten als ein Unterscheidungsmittel von echtem Meteoreisen werde benutzen können; allein es zeigte sich bald, dass nicht alles, unzweifelhaft wirkliche Meteoreisen sich in diesem Zustand befindet. Ich habe in dieser Hinsicht die folgenden Verschiedenheiten beobachtet:

*Passiv* ist das Pallas-Eisen, das Eisen von Braunau (gefallen 1847), Schwetz, Bohumilitz, Toluca, Green-County (Nord-Amerika), Red-River und das vom Cap.

*Activ oder reducirend* ist das Eisen von Lenarto, Chester-County, Rasgata, Mexico, Senegal und das schon geschmiedete von Bitburg.

Zwischen beiden steht das Eisen von Agram, Arva, Atacama und Burlington (N.-Amerika), die momentan sich nicht verkupfern, auf denen aber nach mehr oder weniger langer Berührung mit der Kupferlösung die Reduction allmälig beginnt, und zwar gewöhnlich von einem Punkt oder den Rändern der Flüssigkeit aus.

Mit dem Nickelgehalt und der Eigenschaft, beim Aetzen regelmäsige Figuren zu bilden, scheint diese Eigenthümlichkeit nicht im Zusammenhang zu stehen, wie das Eisen von Lenarto zeigt, welches activ ist, obgleich es 8,45 Proc. Nickel und 0,66 Proc. Kobalt enthält und beim Aetzen die schönsten Figuren giebt; eben so das von Boussingault mitgebrachte Eisen von Rasgata in Columbien, welches nach einer Analyse von mir 6,74 Proc. Nickel und 0,23 Proc. Kobalt enthält.

Andererseits gibt das Eisen von Green-County, welches ganz passiv ist, bei einem Nickelgehalt von 19 Proc. keine Figuren.

Auch hat es sich gezeigt, dass eine künstlich dargestellte Legirung von Eisen und Nickel, die beim Aetzen eine damascire Oberfläche bekommt, aus der Kupferlösung, wie gewöhnliches Eisen, das Kupfer reducirt.

Ob dieser Zustand ursprünglich allem Meteoreisen, wenn es auf der Erde ankommt, eigenthümlich ist und erst, wie es bei den activen Arten geschehen seyn könnte, im Verlaufe einer gewissen, vielleicht sehr langen Zeit vergeht, und welche wahrscheinliche Vermuthung man überhaupt von dem Grunde dieser Erscheinung haben kann, darüber müssen ausgedehntere Versuche und Beobachtungen Aufschluss geben.

**XVIII. Neues Verfahren zur Gewinnung des molybdänsauren Ammoniaks; von W. Delfs.**

Seit das in der Ueberschrift bezeichnete Salz von Svanberg und Struve als Reagenz für Phosphorsäure in die analytische Chemie eingeführt worden ist, hat dasselbe so sehr an practischer Bedeutung gewonnen, daß es wünschenswerth erscheinen muß, eine möglichst einfache und wenig kostspielige Darstellungsmethode für dies Salz zu besitzen.

Dem Chemiker sind nur zwei molybdähnliche Minerale in solcher Menge zugänglich, daß dieselben als Darstellungs-Material für die Molybdänverbindungen überhaupt benutzt werden können: das *Wasserblei* =  $\text{MoS}_2$ , und das *Gelbbleierz* =  $\text{PbO} + \text{MoO}_3$ . Das erstere Mineral hat bekanntlich zur Entdeckung des Molybdäns Veranlassung gegeben, und seitdem lange Zeit fast ausschließlich als Ausgangspunkt für die Gewinnung dieses Grundstoffs und seiner Verbindungen gedient. Da aber neuerdings zu Garmisch in Baiern ein derbes Gelbbleierz in solcher Menge aufgefunden worden ist, daß man sich dasselbe mit geringen Kosten pfundweise <sup>1)</sup>) verschaffen kann: so dürfte dieser Umstand allein schon genügen, die Anwendung des Wasserbleis zu dem gedachten Zweck zu verdrängen. In der That hat schon Wittstein <sup>2)</sup>) dieses neue Vorkommen benutzt, um bei der Bereitung des molybdänsauren Ammoniaks einen neuen Weg einzuschlagen.

Nach der Vorschrift desselben soll man nämlich das gepulverte Erz mit seinem sechsfachen Gewicht gewöhnlicher Schwefelleber zusammenschmelzen, die geschmolzene Masse mit Wasser auskochen, den filtrirten Auszug mit verdünnter Schwefelsäure fällen, den Niederschlag auswaschen, trocknen, rösten und in Königswasser lösen, ferner

1) Das hiesige Mineraliencomtoir liefert das Pfund Gelbbleierz für 48 Kr.

2) Buchner's Repert. LXXIII. 155.

die filtrirte Lösung zur Trockne abdampfen, den Rückstand mit Ammoniak ausziehen, und endlich die ammoniakalische Lösung, nachdem eine Spur von Kupfer mit Hülfe von Schwefelammonium entfernt worden ist, filtriren und durch Abdampfen zur Krystallisation befördern.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass man auf diesem durchaus rationellen Wege zum Ziele gelangen muss; allein dieser Weg ist etwas gedehnt, und wird dies namentlich dadurch, dass die in dem Gelbbleierz enthaltene Molybdänsäure zuerst in Schwefelmolybdän, und dieses dann wiederum rückwärts in Molybdänsäure verwandelt wird; es geht dadurch offenbar ein wesentlicher Vortheil, welchen das Gelbbleierz vor dem Wasserblei voraus hat, verloren, was jeder, der sich mit dem lästigen Rösten des Schwefelmolybdäns abgegeben hat, einräumen wird. Wittstein selbst gesteht dies ein, indem er anräth, das Rösten nur so lange fortzusetzen, als sich eine Schwefelflamme zeige, weil das vollständige Rösten zu langwierig sey.

Aus dem angeführten Grunde dürfte die nachfolgende Methode, bei welcher die Molybdänsäure sogleich als solche aus dem Gelbbleierz abgeschieden wird, den Vorzug verdienen.

Das gröslich gepulverte Erz wird zuerst mit kalter verdünnter Salpetersäure (ungefähr auf 1 Vol. Salpetersäure von 1,300 spec. Gew. das doppelte Vol. Wasser) ausgezogen, um beigemengte kohlensaure Salze und andere lösliche Beimengungen zu entfernen. Nachdem der Rückstand mit Wasser abgespült, getrocknet und zu einem feinen Pulver zerrieben worden ist, wird dasselbe mit Salpetersäure von ungefähr 1,300 spec. Gew. übergossen, so lange, wie möglich, im Sandbade bis zum Sieden erhitzt und zuletzt bei gelindem Feuer fast bis zur Trockne abgedampft. Diese Behandlung mit Salpetersäure wird noch ein- bis zweimal wiederholt. Man verdünnt alsdann mit Wasser, um das gebildete salpetersaure Bleioxyd zu lösen, bringt den ungelösten Rückstand, welcher aus freier Molybdänsäure und einer, je nach der auf die Behandlung mit

Salpetersäure verwendeten Sorgfalt, größeren oder geringeren Menge von unzersetztem Erz, Quarzpulver u. s. w. besteht, auf ein Filtrum, und wäscht so lange mit Wasser aus, als die durchlaufende Flüssigkeit durch Schwefelsäure getrübt wird. Der Inhalt des Filtrums wird endlich mit Ammoniak ausgezogen, der Auszug filtrirt und zur Krystallisation abgedampft. Der in Ammoniak unauflösliche Rückstand wird bei dem wohlfeilen Preise des Gelbbleierzes selten die Mühe einer zweiten Behandlung lohnen.

Svanberg und Struve führen in ihrer Abhandlung über das Molybdän<sup>1)</sup> an, daß dasjenige molybdänsaure Ammoniak, welches sich bilde, wenn eine Auflösung von Molybdänsäure in Ammoniak in der Wärme zur Krystallisation abgedampft worden, oder dem freiwilligen Verdunsten überlassen bleibe, entsprechend der Formel:  $\text{NH}_4\text{O} + 2\text{MoO}_3 + \text{NH}_4\text{O} + 3\text{MoO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$  zusammengesetzt sey. Das Ungewöhnliche dieses Ausdrucks veranlaßte mich zu den nachstehenden Versuchen, um die Richtigkeit der aufgestellten Formel zu prüfen.

Zu diesem Ende wurde vollkommen farbloses, in schiefen rhombischen Säulen krystallisiertes, molybdänsaures Ammoniak in einem Kupferrohr von schwer schmelzbarem Glase langsam bis zum Rothglühen erhitzt, und gleichzeitig ein Strom von trocknem Wasserstoffgas darüber hinweggeleitet. Diese Operation wurde so lange fortgesetzt, bis kein Entweichen, weder von Ammoniakgas, noch von Wasserdämpfen, mehr beobachtet werden konnte. Während des Erkaltens wurde mit der Entwicklung des Wasserstoffgases fortgefahrene.

I. 0,9625 Grm. molybdänsaures Ammoniak hinterlassen 0,689 Grm. oder 71,58 Proc. blaues Molybdänoxyd (=  $\text{MoO}_2$ ).

II. 0,772 Grm. molybdänsaures Ammoniak hinterlassen 0,549 Grm. oder 71,01 Proc. blaues Molybdänoxyd.

Bei dem ersten Versuch wurde das Salz in kleinen unzerriebnen Krystallen, beim zweiten in fein gepulvertem

1) Journ. f. pract. Chemie XLIV. 257.

Zustande angewendet. Diesem Umstände dürfte die kleine Differenz zwischen beiden Versuchen zuzuschreiben seyn, indem anzunehmen ist, dass bei dem ersten Versuch, wo die Bedingungen der Reduction ungünstiger waren, ein kleiner, wenn auch zu vernachlässigender Theil Molydänsäure beigemengt geblieben ist, und daher ein etwas grösseres Gewicht des Rückstandes zur Folge haben musste.

Bei der grossen Analogie, welche zwischen Molybdän und Wolfram stattfindet, ist es von vorn herein wahrscheinlich, dass auch die unter gleichen Umständen gebildeten Ammoniaksalze beider Metalle eine analoge Zusammensetzung besitzen. Das saure wolframsaure Ammoniak entspricht der Formel  $\text{NH}^+ \text{O} + 2 \text{WO}_3 + \text{HO}$ , wovon ich mich durch eigene Versuche<sup>1)</sup> überzeugt habe. Nimmt man daher die entsprechende Formel  $\text{NH}^+ \text{O} + 2 \text{MoO}_3 + \text{HO}$  für das saure molydänsaure Ammoniak an, so berechnet sich der procentische Gehalt an blauem Molybdänoxyd, welcher bei der oben angegebenen Behandlung des molybdänsauren Ammoniaks erhalten werden muss, auf 70,85, wenn das Mischungsgewicht des Molybdäns zu 46 angenommen wird. Der Unterschied zwischen der berechneten und der gefundenen Menge ist so gering, dass kein Grund vorhanden ist, an der Richtigkeit der bei der Berechnung zum Grunde gelegten Formel zu zweifeln.

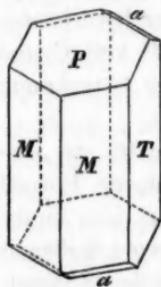
Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die für das molybdänsaure Ammoniak in Anspruch genommene Formel sich nur auf dasjenige Salz bezieht, welches sich unter den von Svanberg und Struve selbst hervorgehobenen Bedingungen bildet; denn es geht theils aus der Abhandlung dieser beiden Chemiker, theils aus einem späteren Aufsatze von Berlin<sup>2)</sup> hervor, dass sich Molydänsäure und Ammoniak auch in anderen Verhältnissen verbinden

1) Ich fand in 1,774 und 1,000 Grm. saurem wolframsauren Ammoniak resp. 1,532 und 0,864 VVolframsäure, während die obige Formel (wenn  $VV = 94$ ) 86,44 Proc. VVolframsäure verlangt. Die gefundenen Mengen betragen 86,36 bis 86,40 Proc.

2) Journ. f. pract. Chemie XLI. 444.

können. Dass aber eine Auflösung von Molybdänsäure in Ammoniak sowohl beim freiwilligen Verdunsten, als auch beim Erkalten einer concentrirten Lösung, immer Krystalle von derselben Form liefert, davon habe ich mich durch zahlreiche Beobachtungen, die an Präparaten von verschiedener Bereitung gemacht wurden, überzeugt. Es kommt allerdings bisweilen vor, dass sich das molybdänsaure Ammoniak als ein krystallinisches Pulver von nicht deutlich erkennbarer Form absetzt. Allein diese krystallinische Masse verwandelt sich in kurzer Zeit in deutlich ausgebildete Krystalle, wenn sie, mit der Mutterlauge bedeckt, der Ruhe überlassen wird.

Svanberg und Struve geben an, dass das Salz, welchem sie jene complicirte Zusammensetzung zuschreiben, in »sechsseitige Säulen mit zwei Abstumpfungsflächen« krystallisiren. Obwohl nun dieser Ausdruck keine strenge krystallographische Deutung zulässt, so glaube ich in demselben doch eine Bürgschaft dafür zu erblicken, dass ich dasselbe Salz in Händen gehabt habe. Die Krystalle gehören nämlich zum zwei- und eingliedrigen System. Eine



der am häufigsten vorkommenden Combinationen ist nebenstehend abgebildet. Die scharfen Seitenkanten der schiefen rhombischen Säule sind durch die T-Fläche abgestumpft; desgleichen die scharfen Endkanten durch die Flächen  $a$ . Letztere laufen nicht mit den ursprünglichen Kanten parallel. Der Winkel, welchen die beiden M-Flächen mit einander bilden, ist sehr

stumpf. Die T-Flächen herrschen meistens sehr vor. Oftmals sind die Krystalle nur halb ausgebildet, und bieten dann eine Form dar, welche man erhält, wenn man durch die beiden Kanten, welche die M-Flächen mit einander bilden, einen Schnitt parallel mit der Hauptaxe führt. Zu einer Messung der Winkel mit dem Reflections-Goniometer sind die Krystalle nicht geeignet.

**XIX. Resultate von Versuchen über die Bewegung des Pendels, angestellt zu Rio de Janeiro, unter  $22^{\circ} 54'$  südl. Breite, im September und October 1851; von Hrn. d' Oliveira.**

(*Compt. rend. T. XXXIII. p. 582.*)

**Masse des zu den Versuchen angewandten Pendels.** — Eine Hohlkugel, 10,5 Kilogramm wiegend, und unten, dem Punkt des Loches gegenüber, mit einem in eine Spitze auslaufenden Ansatz versehen.

**Aufhängung des Pendels.** — Ein leinener Faden ohne Torsion, befestigt an der Decke eines isolirten und solide gebauten Pavillons (*pièce*), trug am anderen Ende ein bewegliches Eisenstück in der Höhlung der Kugel, die so gestellt war, dass die Spitze des Ansatzes dem Aufhängepunkt entsprach, und somit das Pendel eine Länge von 4,365 Metern erhielt.

**Schwingungsbogen des Pendels.** — Bei den ersten Versuchen machte das Pendel eine Excursion von  $5^{\circ} 14' 44''$ ; später betrug der Bogen stets  $7^{\circ} 51' 41''$ . Die Bögen entsprechen den Längen der Schwingungen, deren Tangenten im ersten Falle 4, und im zweiten 6 Decimeter mafsen.

**Trajectorie des Pendels.** — Die Trajectorie bei einer Doppel-Schwingung war fast immer eine sehr verlängerte Ellipse, deren kleine Axe kaum groß genug war, um die vom Pendel verfolgte Richtung an der Furche zu erkennen, die seine Spitze in einer darunter angebrachten Schicht feinen Sandes beschrieb. Der auf ein Brett gelegte Rahmen, welcher die Sandschicht einschloß, war quadratisch, hielt inwendig 6 Decimeter in Seite und hatte hinlängliche Höhe. Auf seinen Mitten waren die Nord-Süd- und West-Ost-Richtungen angezeichnet, und er wurde so unter das Pendel gestellt, dass die Spitze desselben dem Kreuzpunkte beider Diagonalen entsprach.

Anfangs wurde das Pendel in Richtung des auf dem

Brett gezogenen Meridians in Bewegung gesetzt, und zwar erst nach Norden, dann nach Süden gezogen. Dann wurde gewartet, bis die Bewegung bedeutend abgenommen hatte.

Dieselben Versuche wurden auf ähnliche Weise in Richtung des Parallels wiederholt, ebenso auch in mehren dazwischenliegenden Richtungen.

Die Resultate derjenigen von ihnen, welche als die regelmäsigsten betrachtet wurden, waren folgende:

1. Die Bewegungen des Pendels, wenn es Ellipsen in Richtung des Meridians und in der des Parallels beschrieb, waren einander stets entgegengesetzt, d. h. wenn es in dem Meridian die Ellipse von der Rechten zur Linken beschrieb, (im Sinne der Axendrehung der Erde, den Südpol angesehen) so bewegte es sich in der im Parallel beschriebenen Ellipse von der Linken zur Rechten. Die Aufeinanderfolge dieser beiden Bewegungen änderte sich durch einfache und sogar geringe Modificationen, die man mit der Befestigungsweise des Fadens an der Decke vornahm, in der Weise, dass, wenn man die Dicke des Fadens bis zur gänzlichen Nullität verringert hätte, die kleine Axe der Ellipse auch verschwunden seyn würde, gesetzt der Aufhängepunkt wäre unbeweglich.

2. Entfernte man das Pendel um 3 Decimeter aus der Verticalen, um es den gröfseren Bogen beschreiben zu lassen, und liefs es nun 30 Minuten lang schwingen, anfangs in Richtung des Meridians, darauf in der des Parallels, so betrug die Ablenkung im ersten Fall  $5^{\circ} 9'$  nach Osten, und im zweiten  $5^{\circ} 12'$  nach Süden.

3. Bei Messung der Ellipsen, die, in beiden Fällen, nachdem die Pendelschwingung 30 Minuten gedauert, im Sande beschrieben worden, fand sich die Axe der auf dem Meridian bezüglichen Ellipse gleich  $\frac{356}{600}$  Meter, die der andern  $\frac{349}{600}$ . Man hatte überdiefs die Vorsicht getroffen, den Widerstand des Sandes in beiden Fällen möglichst gleich zu machen.

4. Als versucht wurde, das Pendel in verschiedenen, im Südwest-Quadranten zwischen Meridian und Parallel

liegenden Richtungen schwingen zu lassen, um zu sehen, in welcher Linie dasselbe eine Trajectorie ohne Tendenz zur Abweichung nach rechts oder links beschreiben würde, fand sich wirklich eine solche Linie vor, zugleich mit dem sehr merkwürdigen Umstand, daß das Pendel fortfuhr sich darin ohne Abweichung zu bewegen. Aus dieser Erscheinung schloß man, daß die so gefundene Linie die Lage einer unveränderlichen Schwingungsebene bezeichne.

Die Abweichungswinkel dieser Ebene, in Bezug auf den Parallel, fand sich durch Messung gleich  $11^{\circ} 18' 40''$ , eine Gröfse, die sich der halben Breite des Beobachtungs-ortes, nämlich  $11^{\circ} 27'$ , merklich nähert.

Nach diesem Resultat war zu vermuthen, daß sich auch im Südost-Quadranten eine unveränderliche Schwingungsebene befinden, und diese die erstere unter einem der Breite des Ortes nahe gleichen Winkel schneiden würde; und auch dieses bestätigte sich durch den Versuch, als man das Pendel in einer vom Parallel gleich abweichenden Richtung schwingen ließ.

5. Die Bewegung des Pendels in den beiden genannten Richtungen, die  $45^{\circ}$  mit dem Meridian bilden, zeigte, daß die Abweichung in dem Südwest-Quadranten langsamer, und in dem Südost-Quadranten schneller erfolgt als im Meridian. Allein alle diese Abweichungen geschehen in einem und demselben Sinn, nämlich in dem der Umdrehung der Erde.

*Bemerkung.* — Ich muß hier noch bemerken, daß die neuen Thatsachen, von denen ich so eben sprach, nur als Andeutungen von mir betrachtet werden, die ferneren Versuchen unterworfen werden müssen, um sie gegen alle Einwürfe zu sichern, die von der Mitwirkung störender, von diesen Erscheinungen unzertrennlicher Ursachen hergenommen werden können. Ich füge auch noch hinzu, daß das Verschwinden der Ellipticität in der Bewegung des Pendels nur ein glücklicher Zufall war, oder auch wohl außer dem erwähnten Fall unter anderen Umständen stattfinden könnte.

---

*XX. Bemerkungen, veranlaßt durch den Aufsatz  
des Hrn. Broch über die Fraunhoserschen Linien*  
(Briefliche Mittheilung von Hrn. Dr. L. Merz.)

München, den 18. Febr. 1852.

— Gestatten Sie gütigst folgende kurze Berichtigung. Im Ergänzungsband III Stück 2, S. 312 Ihrer Annalen findet sich in Bezug auf Prismen von gleicher Reinheit als die von Fraunhofer fertigten folgende Aeußerung des Hrn. Broch in Christiania: »So weit mir bekannt, bedient man sich noch immer der von diesem ausgezeichneten Künstler und Naturforscher hinterlassenen Glasmassen, wenn von seinen Nachfolgern in München ein besonders feines optisches Instrument verfertigt werden soll.«

Hierauf erlauben wir uns zu erwiedern: Alles brauchbare Glas, welches das optische Institut in keiner bedeutenden Quantität noch aus der Zeit des unvergeßlichen Fraunhofer besitzt, hat für dasselbe einen grofsen historischen Werth, und wird sorgfältig aufbewahrt, ohne daß ein Stückchen davon verwendet würde. Seit Fraunhofer's Tode sind daselbst schon viele Schmelzen gemacht, reines, auch von den feinsten Wellen freies Glas in noch grösseren Dimensionen erzeugt, und eine Menge von Prismen und Objectiven verschiedener Gröfse mit unbestrittenen Vollkommenheit geschliffen worden. Eins der gröfsen Prismen, welche ganz von Fraunhofer's Nachfolgern gefertigt wurden, hat unter andern Sir David Brewster erhalten und damit seine besten Beobachtungen angestellt. Alle Naturforscher, welche das Institut besuchten, und die Prismen aus Fraunhofer's Zeit mit den späteren verglichen haben, nahmen die Ueberzeugung mit sich, daß die letzteren, theilweise, trotz gröfserer Brechungskraft, noch weißer, reiner und vollkommener denn die ersten sind. Es ist somit die etwaige Befürchtung, daß nach dem Ausgehen der Fraunhofer'schen Glasmassen

die Physiker nicht mehr mit ganz vollkommenen Prismen versorgt werden könnten, völlig unbegründet.

Was nun den weiteren Inhalt der Abhandlung des Hrn. Broch betrifft, so stimmen wir mit ihm darin überein, dass die Zeichnungen des Spectrums in den meisten Lehrbüchern ganz ungenügend sind. Die beste ist, nach der Originalzeichnung Fraunhofer's (Denkschr. d. Ac. z. M. 1814 u. 15), jene in Baumgartner's Supplementband. Die eigenthümlichste scheint die des Hrn. Broch selbst; wenigstens haben wir noch nie die Parthei bei D, und jene zwischen G und H so gesehen, wie er sie zeichnet. Damit wollen wir nicht unbedingt sagen, dass sie irrig gemacht sey, vielmehr erweckt sie in uns noch stärker den schon früher geäußerten Wunsch, dass an sehr verschiedenen Standorten, auf Höhen, am Meere u. s. w. die Spectrumsbeobachtungen wiederholt werden mögen. Zwar konnten wir aus unseren Beobachtungen dahier und den von Mossotti in Pisa gemachten keinen auffallenden Unterschied entnehmen; allein die Atmosphäre an der Nordsee, im Gegensatz zu jener am Mittelmeere, mag schon grössere Unterschiede zulassen. Nicht unbeachtet darf bleiben, dass Hr. Broch seine Beobachtungen in den Morgen- und Abendstunden mache, was nach den gewichtigen Versuchen von Prof. Kuhn (Ann. 1848 II.) und nach unseren eigenen Wahrnehmungen von wesentlichem Einflusse ist, doch nicht in dem Grade, dass es die in der Zeichnung des Hrn. Broch bemerkten Modificationen herbeiführen könnte. Der Vergleich ferner, welchen Hr. Broch zwischen dem polarisirten und dem Spectrumslicht anstellt, scheint uns bei der verschiedenen Natur beider keinen ganz sicheren Schluss auf Analogie zuzulassen. Doch dürfe es lohnend seyn, wenn Gelehrte, welche hinreichende Mufse dazu fänden, diese Vergleichung fortführen würden, mehr noch, wenn sie jene mit dem *normalen* Gitter-spectrum, wie sie Mossotti (*sulle proprietà degli spettri di Fraunhofer*, Pisa 1845, auch in diesen Annalen 1847, 12 wiedergegeben) so weit es die bisherigen photometri-

schen Leistungen gestatteten, mit mathematischer Klarheit durchgeführt hat, noch weiter verfolgen würden.

Erlauben Sie noch eine andere Bemerkung. Der Behauptung des Hrn. Prof. Ragona-Scina, als entstanden Longitudinallinien nicht von Unregelmässigkeiten im Spalte des Heliostates, müssen wir aus eigener Erfahrung widersprechen, und damit stimmen auch die HH. Knoblauch, Kuhn und Lamont überein. Man wird überhaupt beim Spectrum dasjenige unterscheiden müssen, was der Refraction und Dispersion angehört, und was der Infexion und Interferenz zuzuschreiben ist. Dass Ungleichheiten des Spaltes, wie des Spiegels, Beugung und Interferenz des Lichtes hervorrufen können, ist durch viele Versuche dargethan; dass aber das Experiment mit der Linse auch eine Interferenz bewirkt, widerspricht ja keineswegs jenen früheren Versuchen. Wir haben uns somit noch keineswegs überzeugen können, dass die Longitudinallinien der Natur des vom Prisma allein alterirten Lichtes inhäriren<sup>1)</sup>.

### *XXI. Nachschrift zum Aufsatze: Beobachtungen über Zerstreuungsbilder im Auge und über die Theorie des Sehens; von Dr. Fliedner.*

Die Sätze der Nr. 20 (S. 344) bedürfen noch einer Ergänzung. Sie lassen die Frage über die Adaption des Auges ganz unberührt und könnten, wie ich nachträglich eingesehen habe, zu der Meinung führen, ich nehme einen bleibenden Refractionszustand des Auges bei Fixirung eines sich fortbewegenden Gegenstandes an. Dass aber ein solcher nicht stattfindet, davon kann man sich durch folgende einfache Beobachtungen überzeugen:

Bringt man die Scheibe und eine Nadel vor derselben in die deutliche Schweite, lässt die Nadel unverrückt ste-

1) Vergl. S. 364 dieses Hefts.

hen, bewegt aber die Scheibe fort und folgt ihr mit dem Auge, so wird die Nadel undeutlich. Bringt man die Scheibe in den vordern Endpunkt der deutlichen Sehstrecke und unmittelbar davor eine Nadel, fixirt dann, umgekehrt, wie vorher, die unverrückt bleibende Nadel, während man die Scheibe fortbewegt, so bemerkt man durch indirectes Sehen, dass diese letztere bis zu einer Entfernung, die ungleich kürzer ist, als diejenige bis zum Fernpunkt der deutlichen Sehstrecke, doch denselben Kreis von Erscheinungen zeigt, als wenn man ihr mit dem Auge folgt.

Diese Versuche beweisen, *dass das Vorhandenseyn der Brennstrecke auf die Adaption des Auges für verschiedene Entfernungen nur von geringem Einfluss ist.*

Hanau am 7. März 1852.

---

## XXII. Zum Plakodin<sup>1)</sup>.

(Aus einem Schreiben des Hrn. Prof. Plattner in Freiberg an den Director Schnabel in Siegen von 15. November 1851.)

---

**D**ass der *Plakodin* ein Hüttenproduct (eine Speise) sey, vermutete ich schon, als ich es analysirte, (wozu mir Hr. Prof. Breithaupt lauter kleine Krystalle gab); allein nachweisen konnte ich es nicht, zumal man im Rothnickelkies (Kupfernickel) und andern ähnlichen natürlichen Arsen-, Nickel- und Kobaltverbindungen zuweilen auch geringe Mengen anderer Metalle, namentlich Antimon, Blei, Kupfer u. s. w. findet.“

„Wenn ich auch ganz damit einverstanden bin, was Sie über die Nichtexistenz des Plakodins als Mineral sagen, so erlaube ich mir nur noch die Bemerkung, dass sich in Ihre Mittheilung ein Druckfehler eingeschlichen hat, indem es wohl auf der ersten Seite heißen soll: 38,77 As und 61,13 Ni.“

1) Vergl. d. Ann. Bd. 84, S. 585.

**XXIII. Untersuchung des sogenannten Eisenamianths; von Dr. C. Schnabel in Siegen.**

---

Ueber die Entstehung dieses Hohofenproducts, welches, so viel ich weiss, als reine Kieselerde betrachtet wird, herrschen bekanntlich noch Zweifel. Die Analyse einer dahin gehörigen, kurz- und parallelfaserigen, sehr weichen, seidenglänzenden, schneeweissen Masse, die sich in einer Eisensau von der Olsberger Hütte in Westphalen vorfand und ein specifisches Gewicht von 2,59 zeigte, lieferte:

|             |          |
|-------------|----------|
| Kieselerde  | 98,13    |
| Thonerde    | 1,24     |
| Kalk        | 0,46     |
| Magnesia    | { Spuren |
| Eisenoxydul |          |
|             | 99,83.   |

---

**XXIV. Darstellung von reinem Silber aus Chlorsilber; von C. Brunner.**

(Mith. d. Berner Naturf. Gesellsch. No. 224.)

---

Dass zu chemischen Zwecken, am sichersten durch Zersetzung des Chlorsilbers, reines Silber erhalten wird, ist hinlänglich bekannt. Diese Zersetzung kann nach vielen Methoden geschehen. Poggendorff<sup>1)</sup> beschrieb vor mehreren Jahren ein Verfahren, um dieselbe auf galvanischem Wege zu bewirken, dass mir unter allen bis jetzt bekannten das vorzüglichste zu seyn scheint und wovon das hier zu beschreibende nur eine Abänderung genannt werden kann.

) Diese Ann. Bd. LXXV, S. 342.

Man bringt den gut ausgewaschenen Chlorsilber-Niederschlag in eine Schale von Silber, Platin oder Kupfer, welche auf der äusseren Fläche dergestalt mit Wachs überzogen ist, das nur in der Mitte des Bodens, je nach der Grösse der Schale, eine runde Fläche von 1 bis 2 Zoll Durchmesser von Wachs frei bleibt. Auf den Boden einer gröfsern, irdenen Schale legt man eine Scheibe von amalgamirtem Zink, auf deren Mitte die das Chlorsilber enthaltende Schale zu stehen kommt, so das die von Wachs freigelassene Stelle das Zink berührt. Nun gießt man mit Schwefelsäure schwach angesäuertes Wasser in den Apparat, so das dasselbe in der äussern Schale oberhalb des Randes der innern steht, diese also ganz in das Wasser versenkt ist. Sogleich beginnt die Zersetzung des Chlorsilbers am Rande der Schale, die es enthält, und schreitet nach der Mitte fort. Dieselbe giebt sich durch die dunkelgraue Farbe des sich ausscheidenden Silbers deutlich zu erkennen. Bei gehörigem Verhältniss der Säure und der angewandten Zinkplatte wird die Zersetzung nach 24 bis 48 Stunden beendigt seyn, welches man daran erkennt, das beim Aufrühren des Präparates kein Chlorsilber mehr sichtbar ist. Das erhaltene Silber wird nun mit Wasser ausgewaschen und ein sehr kleiner Rückhalt von Chlorsilber, den es bisweilen noch eingeschlossen enthält, durch verdünntes Ammoniak ausgezogen.

Das so bereitete Silber ist vollkommen rein. Es ist leicht einzusehen, das selbst die fremden Metalle, die im Zink enthalten seyn können, sich nie damit vermengen, da die Zinkscheibe während der ganzen Operation immer unter der das Silber enthaltenden Schale liegen bleibt und nie mit diesem in Berührung kommt.

---

**XXV. Eine neue Magnetisirungs-Methode;  
von E. F. Hamann, Mechanicus in Paris.**

Die gewöhnlichen Methoden Stahl zu magnetisiren, sey es durch elektrische Ströme, sey es durch Magnete, liefern besonders für sehr harten Gußstahl unzureichende Resultate. Mehrfache Versuche führten mich zu folgender Methode, die in gewisser Hinsicht die Umkehrung der gewöhnlichen ist. *Ich magnetisire nämlich vor dem Härteten.*

Man kann sich leicht überzeugen, dass rothglühender Stahl von einem Magneten angezogen wird; guter englischer Gußstahl ist bei dieser und unter dieser Temperatur der vollständigen Härtung fähig. Ich bewirke also in einem glühenden Stahle, durch Magnete oder durch den elektrischen Strom, die Vertheilung der magnetischen Fluida, und lösche den Stahl in diesem Zustande ab. Der Stahl wird alsdann ein glasharter Magnet. Je kräftiger die Mittel waren, die ich zur Magnetisirung anwandte, desto energetischer wurde der Magnet<sup>1)</sup>.

Man kann die Härtung so leiten, dass der Stahl mehr oder weniger hart wird. Um sich von dem Factum selbst zu überzeugen, darf man nur ein Stückchen englischen Flach-Stahl (*Silver Steel*) in einem Holzkohlen-Feuer bis zur Roth-Glühhitze kommen lassen, und mit einem kräftigen Magnet aus dem Feuer holen, und sogleich, am Magneten hängend ablöschen. In dieser Weise lieferte mir ein erster Versuch an einem Stäbchen blanken Rundstahls, 0<sup>m</sup>,003 Durchmesser und 0<sup>m</sup>,05 Länge, das ich mit einem Pol eines kräftigen Magneten glühend aufnahm, einen glasharten Magnet, der mit einem Pol sein zehnfaches Gewicht trägt.

1) Ein ähnliches Verfahren schlug bereits G. Aimé vor (Ann. Bd. 35, S. 206); es ist mir indes nicht bekannt, dass es befolgt oder hinsichtlich seiner Wirkung mit dem gewöhnlichen verglichen worden wäre. P.